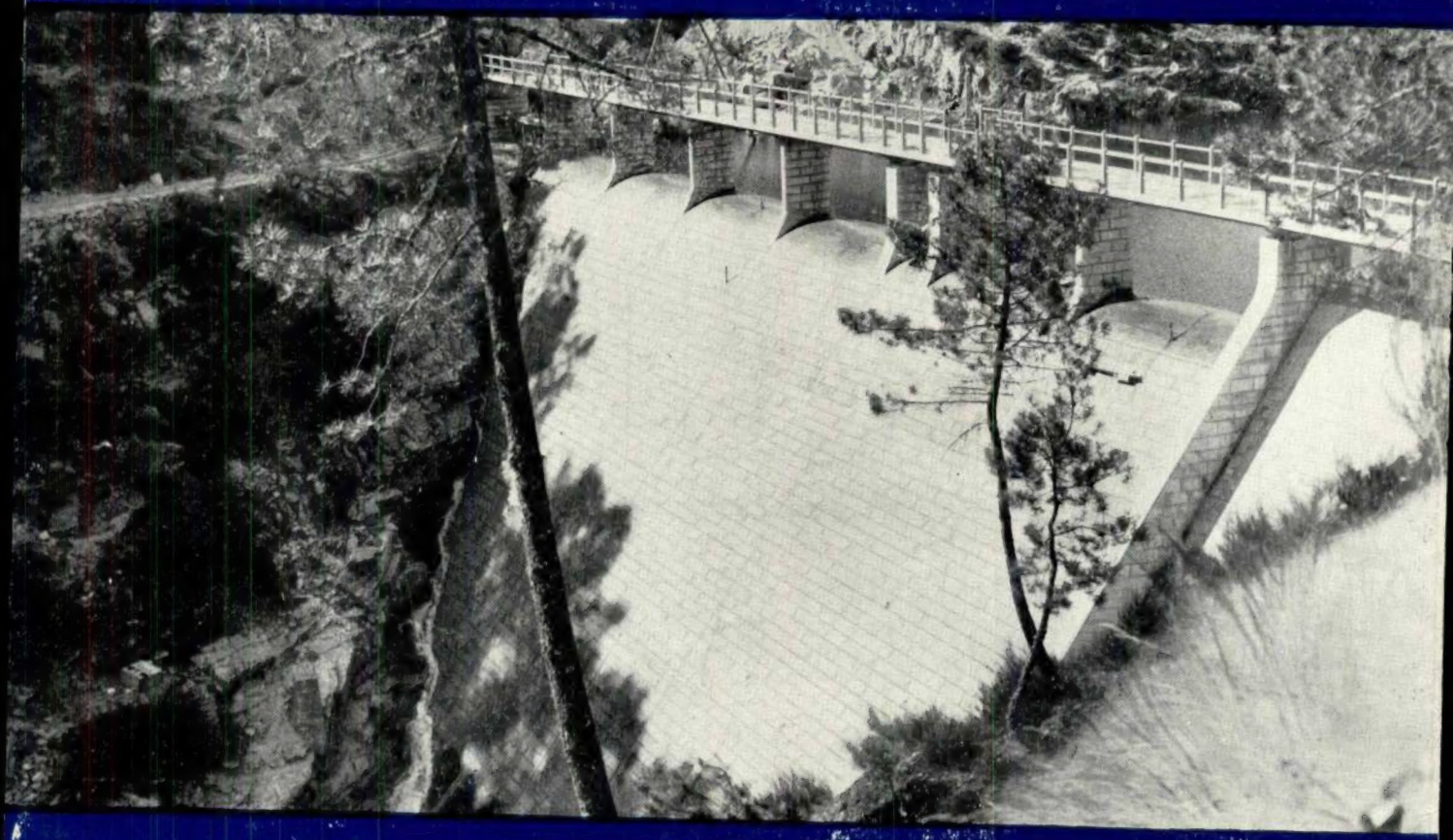
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 135-Fevereiro-1943

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMERCIO, 56, 3.º
LISBOA

Granulados de mármores
para exportação e para o país

Mosaicos de granulados de mármore

OS MAIS BONITOS
OS MAIS RESISTENTES
OS MAIS VANTAJOSOS

Soc. Portuguesa CAVAN

Rua D. Estefania, 42
Telefone 47812 — Lisboa

FILIAL NO PÔRTO:
PRAÇA DA BATALHA, 90, 2.º

Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS
REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO

Agentes em todo o País

NÚMERO
135
Fevereiro — 1943

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N. / TEL. 49144 (linha 50)

DIRECTOR
LUIZ DE ALMEIDA ALVES
ADMINISTRADOR
JOSÉ DE LUCENA
BIBLIOTECÁRIO
FAUSTO GONÇALVES HENRIQUES
CORPO REDACTORIAL
Fernando Moitinho de Almeida
Henrique Dias Barracas
José Carlos Pinheiro da Silva
Manuel dos Santos Rézio

NÚMERO AVULSO 5$00
ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	13$50	26$00	50$00
Colónias Portuguesas e Espanha...	—	35$00	60$00
Estrangeiro...	—	40$00	70$00

EDITOR E PROPRIETARIO
ASS. DOS ALUNOS DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NAS
OFICINAS FERNANDES
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

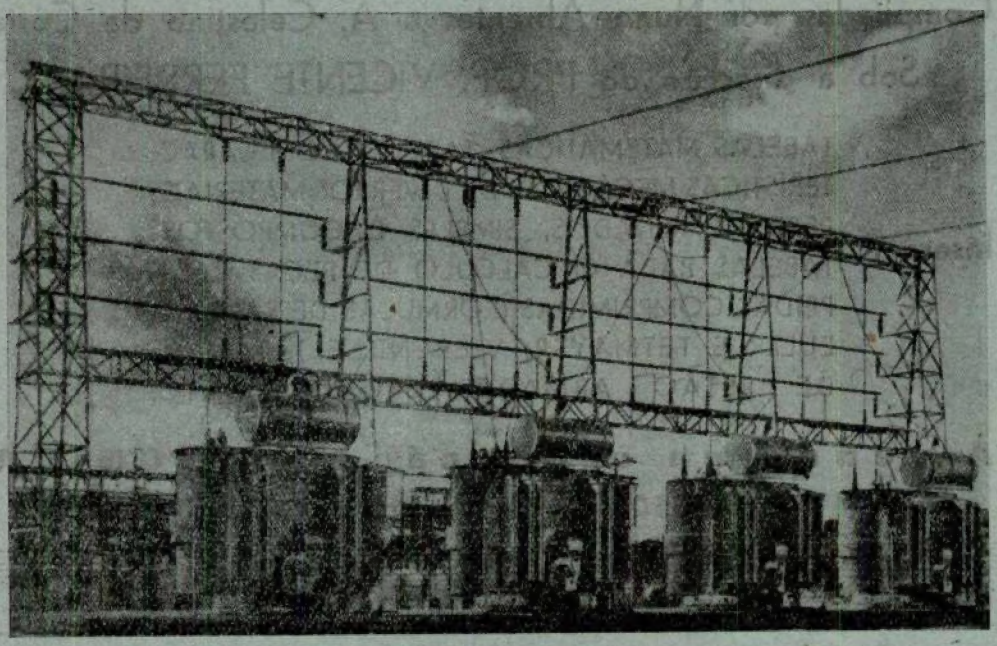
CAPA — Barragem do Castêlo.

		Págs.
Sôbre a técnica fotogramétrica portuguesa	Eng.º Carvalho Xerez	149
Estudo experimental de tabuleiros de pontes com apoios inclinados	Eng.º Edgar Cardoso	160
Método de determinação do índice de Neutralização especialmente nos óleos de côr escura	Eng.º Arnaldo de Jesus Terrível	176
Efeito útil do tratamento mecânico	Carlos Gonsalves	184
Do Mundo Técnico		192
Notas Bibliográficas		194
Publicações recebidas		195

STABILO
STABILO
STABILO
STABILO
STABILO
SCHWAN
Bleistift-Fabrik A.-G.
NÜRNBERG
Lápis de desenho
em 18 graduações 7 B — 9 H
Lápis de côr
O utensílio precioso em 24 côres
Novidade: STABILO Cellomin D. R. P.
O lápis-tinta com a mina especial
resistente às influências climáticas
Representante:
A. Ferreira da Silva, Porto.
Rua Alexandre Braga, 82. Tel. 6132

GENERAL ELECTRIC

Schenectady, N. Y.



Sub estação ao ar livre de 25.000 kVA, 220.000 volts

Motores e dínamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão. Centrais termo e hidroeléctricas. Instalações para melhorar o factor da potência. Tracção eléctrica. Máquinas, Transformadores e Electrodos para soldadura eléctrica. Fornos eléctricos. Automotoras eléctricas e Diesel-Eléctricas. Turbinas de vapor. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Cabos e fios. Electrificação de Fábricas. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc. Máquinas frigoríficas.

THOMSON
GENERAL ELECTRIC

Portuguesa, L.da

LISBOA
Rua do Norte, 5

Telef. 28135-28136

TABELAS TÉCNICAS

PARA

ENGENHARIA CIVIL

Compiladas por Nuno Abrantes e A. Celestino da Costa

Sob a direcção do PROF. VICENTE FERREIRA

Insere: TABELAS MATEMÁTICAS; TABELAS COM CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DE DIVERSOS MATERIAIS; PERFIS LAMINADOS, SIMPLES E COMPOSTOS; TABELAS PARA O CÁLCULO DE PEÇAS COMPRIDAS COMPRIMIDAS (FÓRMULAS DE RANKINE, EULER E TETMAYER, VIERENDEEL); TABELAS DE BETÃO ARMADO; ESGOTOS, ETC.

Á venda na redacção da TÉCNICA

Preço 45$00 Para assinantes 40$00

Tabelas para o Cálculo do Betão Armado

Elaboradas em completo acôrdo com o Regulamento Português do Betão Armado

PELO ENGENHEIRO FERNANDO VASCO COSTA

A' venda na Redacção da "Técnica"

Preço 35$00 Desconto de 10 % aos assinantes

TÉCNICA
LUIZ DE ALMEIDA ALVES
DIRECTOR
ANO XVIII - N.º 135 FEVEREIRO 1943

SÔBRE A TÉCNICA FOTOGRAMÉTRICA PORTUGUESA

Comunicação apresentada no Congresso Luso-Espanhol para o Progresso das Ciências, realizado no Pôrto, em Junho de 1942

PELO ENGENHEIRO CARVALHO XEREZ

Na comunicação do ilustre Presidente da Associação Portuguesa de Fotogrametria, Sr. Dr. Vítor Hugo de Lemos, sôbre «Fotogrametria aérea em Portugal», foi bem sintetizada a nossa actividade fotogramétrica, e por ela se conclue quanto em Portugal se tem ùltimamente pugnado pelo progresso e aplicação industrial da nova técnica de preparação de cartas topográficas.

Como um dos mais modestos pioneiros da nova ciência, sinto-me na obrigação de apresentar aqui umas breves considerações, que representam o produto da minha experiência ao acompanhar alguns dos mais importantes levantamentos fotogramétricos efectuados em Portugal.

A actividade fotogramétrica portuguesa iniciou-se, há uma quinzena de anos, nos serviços do Ministério da Agricultura, pelo método de «transformação» com o aparelho Roussilhe, aplicado ao traçado da planimetria de terrenos sensìvelmente planos e completado por nivelamento clássico. Destinaram-se estes primeiros levantamentos a planos de obras de irrigação e enxugo e, dada a especial correspondência entre a natureza dos terrenos e as características dos processos, foram êles coroados do mais completo êxito.

O método Roussilhe, dada a sua simplicidade, pouco custo dos aparelhos e conseqüente economia de aplicação, continuou a ser empregado, evidentemente em terrenos de pouco relêvo, e foi até utilizado em levantamentos na escala 1 : 1.000 de algumas cidades e vilas, completados, posteriormente, por nivelamento clássico. O relêvo das zonas urbanas, algumas vezes acentuado, levantou difíceis problemas na aplicação dos processos de «transformação», mas foi, no entanto, conseguido o desideratum da rapidez e economia, embora, algumas vezes, não fôsse completamente satisfeita a precisão exigida em plantas naquela escala.

Continuaram, ainda durante algum tempo, a ser ùnicamente aplicados os processos de «transformação» até que, há uns nove anos, quando os métodos de estereorestituïção marcavam já no estrangeiro e se ia dar conta, no Congresso de Paris de 1934, de importantes experiências no campo industrial, começou, em Portugal, uma forte corrente no sentido da adopção dos métodos fotogramétricos mais completos e perfeitos, baseados nos princípios da estereoscopia.

Já no Instituto Geográfico e Cadastral se executavam os primeiros trabalhos de estereorestituïção, em aparelhos Hugerschoff-Heyde,

para levantamentos cadastrais na escala 1 : 2.500, quando se apresentou, em 1933, uma admirável oportunidade de se poder afirmar em Portugal o valor dos novos processos estereofotogramétricos. De-facto, desejando o Ministério das Obras Públicas, para efeitos de urbanização da Costa do Sol, proceder ao levantamento desta região, com uma área total de 12.600 ha, nas escalas 1 : 2.000, 1 : 5.000 e 1 : 10.000, num prazo tão curto e com uma precisão tal, reconheceu-se ser impossível conseguir simultâneamente uma e outra cousa, nem pelos processos clássicos da topografia, nem por «transformação» fotogramétrica.

Restava então o recurso à estereofotogrametria e, como os serviços oficiais não estivessem suficientemente equipados para realizar aquele trabalho, resolveu o Ministério das Obras Públicas confiá-lo à indústria fotogramétrica a-fim-de assim promover o seu maior desenvolvimento. Coube à Sociedade Portuguesa de Levantamentos Aéreos, Ltd.ª (S. P. L. A. L.), que nessa altura se ocupava ùnicamente de trabalhos de «transformação», a árdua tarefa da execução daquele levantamento, e para isso essa emprêsa equipou-se com um aparelho restituïdor Wild A2 e respectiva câmara aérea, e instruíu o seu pessoal operador, conseguindo, assim, terminar, no fim do curto prazo fixado, o importante trabalho que lhe tinha sido cometido. O caderno de encargos, relativo à empreitada do levantamento, continha apertadas condições técnicas para fiscalização, como qualquer empreitada de obras públicas, e por isso, e pela primeira vez em Portugal, se procedeu a uma rigorosa verificação, a que o levantamento resistiu completamente.

A estereofotogrametria tinha vencido e marcado a sua posição; aqueles que, em Portugal, como nos outros países, não acreditavam na aplicação da nova ciência, sentiram o pêso da verdade; os que já enfronhados na «transformação» fotogramétrica pensavam na sua mais larga aplicação, verificaram a conveniência de a limitar para deixar o campo aberto aos métodos estereoscópicos; o Estado ganhou confiança na indústria fotogramétrica; e, enfim, os técnicos portugueses mostraram que eram capazes de tomar a responsabilidade de mais e maiores levantamentos.

Assim se entrou na verdadeira industrialização da fotogrametria e, mercê daquela confiança do Estado, os trabalhos foram-se sucedendo, embora irregularmente e, portanto, com dificuldades económicas para as emprêsas, mas agora, segundo julgamos, deve-se ter entrado num período de relativa estabilidade.

Os levantamentos, que feitos até então por processos de «transformação», não excediam 100.000 ha, estenderam-se, graças à estereofotogrametria, a uma área que, actualmente, ultrapassa 1.000.000 ha, em escalas de 1 : 250 a 1 : 25.000, onde se aplicaram os métodos terrestre e aéreo e, quando isso era viável, também a «transformação», especialmente na execução de cêrca de 800.000 ha de fotoplanos.

Vamos passar em revista os trabalhos mais importantes, e sôbre êles apresentar algumas considerações, que se algum valor tiverem, é o de poderem servir, de futuro, para o *progresso da fotogrametria no campo das suas aplicações industriais.* Assim ficaremos dentro duma das finalidades positivas dêste Congresso.

Levantamentos em escalas de 1 : 250 e 1 : 500 — Os levantamentos em grandes escalas destinam-se, na sua maioria, a trabalhos de implantação de obras de engenharia civil e, por isso, se referem a pequenas zonas de alguns escassos hectares. Nestas condições, e se não houver qualquer impedimento na adopção dos processos clássicos, estes poderão ser aplicados com mais economia, mesmo que nêles se ponham todos os cuidados de rigor exigido por uma grande escala.

Mas há casos em que as dificuldades de acesso a todos os pontos a cotar, aliadas à grande irregularidade do terreno, impedem uma perfeita definição dêste por um traçado de curvas de nível, obtido pelos métodos clássicos. Estão nestas condições os locais de barragens, em geral definidos por afloramentos rochosos inacessíveis em muitos pontos.

Êste é, portanto, um dos campos de aplicação da fotogrametria estereoscópica e, como agora se está seguindo em Portugal uma política de obras hidráulicas com a construção de grandes barragens, já foram levantados por aqueles métodos quatro locais, e outros se seguirão certamente.

Nestes levantamentos há que ponderar sôbre a adopção da fotogrametria aérea ou terrestre,

quer no ponto de vista técnico, quer no económico.

A necessidade dum grande rigor altimétrico, em vista da finalidade da planta, exige que, na hipótese do emprêgo da aerofotogrametria, o vôo seja efectuado a pequena altura, o que é muitas vezes difícil e perigoso por ser feito no enfiamento de profundas gargantas.

As zonas a levantar não possuem, em geral, sinais naturais utilizáveis como pontos fotogramétricos, e por isso se torna necessário proceder a uma sinalização prévia do terreno de acôrdo com o plano de vôo fotogramétrico. Mas, por maior cuidado que se ponha no vôo, não é possível garantir que os sinais fiquem nas suas melhores posições dentro dos pares de fotografias, o que, aliado às grandes diferenças de nível entre pontos do mesmo par, dificulta consideràvelmente as orientações e afecta de algum modo a precisão.

Tècnicamente, portanto, o método aerofotogramétrico não se afigura perfeito, e a experiência já realizada, para o levantamento de um dos locais de barragens na escala 1:500, não foi inteiramente satisfatória pelas razões apontadas.

A fotogrametria terrestre deve, pois, ser exclusivamente empregada nestes trabalhos e, dada a natureza dos seus erros, ela permite um rigoroso traçado das curvas de nível com erros médios de altitude da ordem de ± 10 cm.

A escolha das bases fotogramétricas e das características das fotografias é uma questão especialmente delicada, pois dela depende o êxito final do trabalho, não esquecendo que é necessário evitar, tanto quanto possível, as lacunas devidas a vales secundários e dobras do terreno e procurar, também, fazer a fotografia do leito do rio até ao nível das águas na estiagem.

A sinalização dos pontos fotogramétricos é feita com cruzes pintadas a cal sôbre as rochas e também com cruzetas de madeira, ficando êsses sinais referenciados com marcas, para, posteriormente, serem utilizados na implantação das obras. A determinação das coordenadas daqueles pontos deve ser feita com grande cuidado, em virtude do elevado rigor atingível com a fotogrametria terrestre em escalas grandes, e, em especial, é necessário efectuar uma rigorosa medição da base topográfica de apoio daquela determinação.

Os três restantes locais de barragens foram levantados por fotogrametria terrestre, com aparelhagem Wild, existindo de princípio uma justificável falta de experiência na escolha das bases e características das fotografias, mas, actualmente, o processo está a mostrar-se cada vez mais adaptável com um contínuo aperfeiçoamento na técnica da sua aplicação.

Num dêsses trabalhos, destinado à barragem de Santa Luzia em curso de construção, prestou ainda a fotogrametria mais um valioso auxílio, consistindo em efectuar o levantamento das primeiras escavações, executadas em encostas quási verticais, a-fim-de sôbre êle se proceder a um novo traçado da barragem, em virtude de terem aparecido certas dificuldades geológicas.

Uma comparação económica dos dois métodos, aéreo e terrestre, não se apresenta em todos os casos completamente definida, visto que se, por um lado, o custo do vôo é elevado por se tratar de zonas pouco extensas a sobrevoar, em contra-partida na fotogrametria terrestre, nomeadamente em gargantas elevadas e estreitas, o grande número de pares de fotografias faz descer bastante o rendimento, por unidade de superfície, do trabalho de restituïção.

Finalmente, diremos que uma carta levantada por fotogrametria estereoscópica dá-nos a sensação perfeita do mais pequeno pormenor do relêvo do terreno e, quando o geólogo ou o engenheiro tiverem de orientar-se no terreno, êles poderão sempre fazê-lo por intermédio do simples traçado das curvas de nível, sem receio de se perderem como aconteceu a Lugeon, experimentado geólogo de barragens, quando diz: «non pas de ces plans levés ou tachéomètre, avec ces courbes de niveau arrondies qui font que l'on ne sait jamais où l'on se trouve sur le terrain, mais une carte levée par les procédés modernes de la stéréotopographie».

Levantamentos urbanos nas escalas 1:1.000 e 1:2.000 — Os levantamentos urbanos, em grandes escalas, vêm sendo objecto das mais apaixonadas discussões, no que respeita à possibilidade de nêles se aplicarem os

processos fotogramétricos. E assim é que a Suíça, um dos países que viu nascer a fotogrametria, não a aplica exclusivamente nos seus levantamentos urbanos, visto que as condições de precisão e outras dos cadernos de encargos o não permitem.

Serão essas condições excessivas? Não pretendemos aqui discuti-las, porque elas certamente estão estudadas e bem para um determinado fim, que pode não ser o mesmo a atingir noutros casos. Mas, estamos convencidos que é possível efectuar levantamentos urbanos, por fotogrametria aérea, com as condições necessárias ao fim utilitário a que êles se destinam.

Assim se procede em Itália e, igualmente, o entendeu o nosso Ministério das Obras Públicas ao adjudicar, ùltimamente, o levantamento de cêrca de 55.000 ha de plantas de cidades e vilas, exclusivamente por processos fotogramétricos.

Entre os problemas que dificultam a aplicação da fotogrametria, figura o de a planta ter de representar as construções pelas suas fundações, ao passo que nas fotografias aéreas elas são definidas pelos beirais, salvo nas edificações modernas; e mesmo quando, devido à perspectiva, há algumas linhas de fundações visíveis, estas são em geral mal definidas, e, portanto, é-se obrigado, em qualquer hipótese, a fazer a restituïção pelos beirais a-fim-de se conseguir um maior rigor no traçado. Outro problema é o de certos pormenores, especialmente nos interiores e quintais, não serem perfeitamente visíveis nas fotografias, mesmo obtidas a baixa altura, o que dá lugar, algumas vezes, a más interpretações da natureza do pormenor.

São estas as dificuldades que, além de outras sem importância, têm sido apresentadas pelos partidários dos processos clássicos, empenhados na tarefa de impedir que a fotogrametria ganhe um novo campo de actividade, que até agora lhes era reservado.

Ora essas dificuldades são aparentes, visto que o valor intrínseco da fotogrametria não é diminuído, o rigor das linhas traçadas não é prejudicado e apenas é necessário que ela seja auxiliada por um cuidadoso trabalho de completagem e revisão no terreno, após a restituïção, destinado a passar do traçado dos beirais, quando êles existam, para o das fundações, e a completar e interpretar correctamente certos pormenores.

Antes de se iniciarem em Portugal trabalhos de estereorestituïção, foram efectuados alguns levantamentos urbanos pelo processo de «transformação», os quais, em virtude do maior relêvo do terreno em certos casos, não foram sempre perfeitos e, além disso, tiveram de ser completados posteriormente, nas zonas de futura ampliação das povoações, por nivelamento clássico para o traçado das curvas de nível, o que diminue em parte o valor de fotogrametria.

O aparecimento dos métodos estereoscópicos veio colocar o problema dos levantamentos urbanos em condições de poder ser inteiramente resolvido, quer em planimetria, quer em altimetria, desde que êles sejam auxiliados por um cuidadoso trabalho de revisão e completagem no terreno.

O primeiro levantamento urbano na escala 1 : 1.000, por métodos estereofotogramétricos, foi o da cidade de Luanda, capital da nossa colónia de Angola, efectuado pela S. P. L. A. L. em 1938. Trata-se de uma área de 3.000 ha, dos quais 1/3 são de zona urbana.

Foi êste trabalho executado em circunstâncias precárias de vôo e fotografia, em virtude das dificuldades em encontrar, naquela colónia, avião com qualidades para vôo fotogramétrico, e também instalações fotográficas permitindo a preparação de chapas em condições. Daí resultou que foi necessário elevar a altura de vôo para 1.600 metros, com uma correspondente escala das fotografias de 1 : 10.000, valor bastante elevado. A restituïção foi conduzida com bastante cuidado e procedeu-se a uma delicada completagem.

A-pesar disto, os resultados duma rigorosa verificação, feita com o critério lógico do êrro médio, são bastante satisfatórios. Assim, a altimetria foi verificada com perfis rigorosamente levantados, tendo-se obtido para média dos erros médios cometidos o valor $\pm 0^m,35$, contra o êrro médio permitido igual a $\pm (0,40 + \operatorname{tg} \alpha)^m$. Na planimetria obtiveram-se erros médios da ordem de $\pm 0^m,35$.

Êste levantamento marcou então o início

dum novo periodo da técnica estereofotogramétrica. Êle permitiu concluir sôbre a possibilidade de se efectuarem levantamentos urbanos, dentro das necessárias condições, e deu ainda ensinamentos capitais para trabalhos análogos, entre os quais figuram o da baixa altura de vôo, de modo que a escala das fotografias não exceda 1:5.000, e a necessidade de uma cuidadosa preparação das chapas fotográficas para uma perfeita observação estereoscópica do mais pequeno pormenor.

Com o levantamento dos 55.000 ha das cidades e vilas, em escalas de 1:1.000 e 1:2.000, apresentou-se a oportunidade de aplicar com segurança os ensinamentos já colhidos, e assim, sôbre a experiência já adquirida nos 14.400 ha levantados pela S. P. L. A. L., algumas considerações vêm a propósito.

O vôo fotogramétrico é efectuado a alturas acima do terreno de 750 metros para a escala 1:1.000 e 1.050 metros para a escala 1:2.000, o que dá para a escala das fotografias, respectivamente, 1:4.500 e 1:6.500, valores que, conjugados com a utilização de rigorosos aparelhos restituïdores, permitem garantir precisão suficiente a estes trabalhos. A preparação das chapas deve merecer a máxima atenção.

A época de vôo deve ser escolhida de modo a evitar a vegetação, que prejudica consideràvelmente a fotogrametria, obrigando a maiores trabalhos de completagem, e, além disso, deve procurar-se sempre a hora do dia em que as sombras tenham menor dimensão. Na execução do vôo, é necessário ter o maior cuidado na manutenção do rumo, na da altura e na entrada das fiadas, que devem ser marcadas em fotografias das povoações obtidas a grande altura.

Não se faz qualquer sinalização especial para os pontos fotogramétricos, pois é sempre possível encontrar sinais satisfazendo às necessárias condições, isto é, que sejam identificáveis, simultâneamente, no terreno e na fotografia. Não achamos boa a prática, algumas vezes preconizada, da sinalização prévia daqueles pontos, visto que ela exige um vôo executado com rigidez geométrica, o que nem sempre sucede, acabando-se então por escolher novos pontos nas posições favoráveis a uma perfeita orientação.

A triangulação de apoio é reconhecida depois de efectuada a fotografia, a-fim-de se utilizar, naquele trabalho, êste valioso auxiliar e ainda situar os vértices de ordem inferior para uma rigorosa e perfeita determinação dos pontos fotogramétricos. Nesta determinação empregam-se, quási exclusivamente, triângulos e intersecções directas; a posição altimétrica é, em geral, obtida a partir das linhas de nivelamento geométrico traçadas com o fim de dar cota aos cruzamentos das ruas e aos pontos de mudança de declive.

É sempre determinada a posição altimétrica e planimétrica de 4 pontos nos cantos dos pares de fotografias, e ainda a cota de um quinto ponto, no centro do par, a-fim-de se eliminar qualquer deformação residual do modêlo estereoscópico.

A precisão de todos os trabalhos de apoio deve merecer a maior atenção, pois dela depende uma perfeita orientação dos pares estereoscópicos e, por conseguinte, a melhor compensação dos erros e a eliminação completa dos de natureza sistemática, que são os mais de temer. A restituïção tem de ser efectuada em aparelhos de precisão e com um rendimento industrial apreciável, que se pode avaliar, para dois autógrafos Wild, em 800 ha por mês na escala 1:1.000, isto é, a restituïção da cidade de Lisboa em 10 meses e a da cidade do Pôrto em 5 meses.

Finalmente, segue-se uma cuidadosa revisão e completagem apoiada nos pormenores restituídos. Há quem preconize a execução dêsse trabalho sôbre fotografias ampliadas, e antes da restituïção, mas isso não nos parece prático, visto que, por maior que seja o cuidado havido, é impossível evitar a necessidade de, posteriormente, se esclarecerem novas dúvidas e faltas.

Acabámos de focar os pontos principais da técnica seguida na obtenção dos 14.400 ha levantados, dos quais grande parte já foi analisada pela Fiscalização, conforme consta da importante comunicação do Sr. Engenheiro Marques Ascensão sôbre «Os levantamentos topográficos urbanos em Portugal».

Foi êste trabalho totalmente executado por estereorestituïção, mas isso não exclue a possibilidade de se estudar industrialmente o possível auxílio dos processos de «transformação», onde êles sejam tècnicamente aplicáveis e contribuam para um aumento de rendimento

dos trabalhos e conseqüente diminuïção do seu preço de custo. É assunto que não está ainda convenientemente esclarecido, e que necessita e merece um estudo mais completo por parte das emprêsas.

Sôbre a verificação da precisão dum levantamento, algumas considerações se torna necessário fazer, pois do modo de a avaliar depende o conceito do valor a atribuir ao levantamento.

Essa verificação consiste na análise dos erros de que a planta está eivada e, por isso, tem de ser feita de acôrdo com as leis de probabilidade dos erros, e obedecendo, portanto, aos princípios que destas foram deduzidos para definir os índices de precisão.

Em primeiro lugar, deve uma verificação estender-se uniformemente à região levantada e nela serão empregados métodos rigorosos para que os valores obtidos se possam considerar, dentro do possível, como absolutos, ou, no caso contrário, tomar-se-á em consideração a precisão dos métodos de verificação.

O número de elementos verificados, em altimetria e planimetria, convém ser tal que permita definir a precisão dum levantamento expressa pela noção de êrro médio, que deve ser comparado a um êrro médio permitido, estabelecido de acôrdo com a precisão dos métodos de verificação. Os erros de cada pormenor serão comparados a uma tolerância convenientemente deduzida a partir do êrro médio permitido, isto é, igual, por exemplo, a 2,5 vezes o seu valor; e, além disso, admitir-se-á que uma certa percentagem daqueles erros possa exceder a tolerância, para assim se ter em conta que o êrro máximo se considera, segundo a teoria, igual a cêrca de 3,5 vezes o êrro médio.

Para estabelecer a expressão do êrro médio permitido, deve admitir-se, em primeiro lugar, que, passado o período experimental da aplicação da fotogrametria, se aceita a sua industrialização e se considera, portanto, a sua produção como boa. Nestas condições, basta deduzir analìticamente a expressão do êrro médio a partir dos resultados de tôdas as verificações efectuadas, e assim se conseguirá estabelecer, lògicamente, a precisão dos levantamentos fotogramétricos de acôrdo com o valor dos aparelhos restituïdores e sua aplicação industrial, e sem se descer a rigores exagerados, incompatíveis com bons rendimentos de produção e com regulares preços de custo, e sem quaisquer vantagens para o fim utilitário das cartas.

Outro problema ligado à técnica fotogramétrica, e que muito a valoriza, é o aproveitamento do grande poder descritivo das fotografias, o que se consegue pela confecção de fotoplanos em escalas adequadas.

O fotoplano é formado pela reünião de fotografias horizontais, depois de transformadas em plantas e levadas à escala desejada, corrigindo-se, dentro de certos limites de rigor, os erros provenientes das diferenças de nível.

É na execução dos fotoplanos que a «transformação» dá à indústria fotogramétrica a sua mais importante contribuïção.

O fotoplano é uma verdadeira carta fotográfica, completamente indispensável ao lado da carta gráfica, e que permite ao urbanista traçar sôbre êle e com uma certa precisão os planos de urbanização, utilizando assim o poder descritivo das fotografias como valioso auxiliar na concepção daqueles planos.

Levantamento, na escala 1:2.000, para urbanização de extensas regiões — Está neste caso o levantamento da região da Costa do Sol, a que já nos referimos, destinado a estudos de vias de comunicação e urbanização.

Êste trabalho foi objecto de várias controvérsias, no que se referia ao rigor da sua execução, o que era natural num país onde estavam arraïgados os rotineiros processos clássicos de levantamento. Êle foi, por isso, submetido a uma rigorosa verificação com o critério lógico de se definir a sua precisão por intermédio de erros médios. A altimetria foi verificada por meio de rigorosos perfis e obteve-se para êrro médio cometido $\pm 0^m,31$, contra o êrro médio permitido de $\pm 0^m,64$, ficando 9 % das diferenças isoladas fora da tolerância. Na planimetria, o êrro médio cometido foi de $\pm 0^m,60$ e o permitido de $\pm 1^m,60$, com uma percentagem nula de diferenças isoladas excedendo a tolerância.

Por se tratar dum levantamento para importantes trabalhos de urbanização, pediu o urbanista que fôssem executados fotoplanos na escala das cartas.

Levantamentos, nas escalas de 1:2.000 e 1:2.500, para trabalhos de obras públicas — Temos neste grupo os levantamentos para obras hidráulicas, portos, etc.

As obras hidro-agrícolas e hidro-eléctricas compreendem, em geral, grandes albufeiras, tornando-se, por isso, necessário levantar as zonas inundadas, para a avaliação de capacidades e efectivação das expropriações. Como essas zonas se estendem, com largura variável, ao longo de tôdas as sinuosidades do rio e afluentes, o levantamento é bastante ingrato para a aerofotogrametria, no que se refere à vantagem económica de se empregar o menor número possível de fotografias. Até agora, só foram levantados nestas condições, 4.500 ha, na escala 1:2.500, nas Campinas de Silves, Portimão e Faro, para obras de hidráulica agrícola. Seria interessante, quando fôr oportuno, fazer experiências com fotogrametria terrestre e estudar a questão, sob os pontos de vista técnico e económico.

Quando se trata de obras de irrigação, enxugo e defesa contra as cheias, em regiões sensivelmente planas, apresenta-se então a possibilidade interessante de se aplicar a «transformação» fotogramétrica combinada com nivelamento clássico. Assim foram levantadas, nas escalas 1:2.000 e 1:2.500, extensas regiões nas zonas baixas de alguns rios.

Os referidos levantamentos incluem, em geral, operações de cadastro, não só para efeito de expropriações, mas também para estudo da valorização das terras. Essas operações são bastante facilitadas com o valioso auxílio de ampliações das fotografias aéreas, onde os operadores encarregados do cadastro marcam os limites dos prédios, das culturas e tôdas as medições necessárias a definir os que, por razões várias, não possam ser restituídos. Durante a restituïção, os operadores seguirão as indicações dadas naquelas ampliações e assim se conseguirá, por fotogrametria aérea, executar, com relativa facilidade, operações cadastrais que, pelos processos clássicos, são muito mais morosas e sujeitas a enganos.

Para a Administração do Pôrto de Lisboa, foi realizado um importante levantamento da sua zona de jurisdição, com uma área de 3.000 ha, na escala de 1:2.500. A triangulação de apoio foi lançada entre as duas margens do Tejo, a altura do vôo foi de 1.350 metros acima do terreno e a restituïção realizou-se em autógrafo Wild. Procedeu-se a uma rigorosa verificação, cujos resultados deram um êrro médio de $\pm 0^m,45$ para a altimetria, e $\pm 0^m,80$ para a planimetria; a expressão do êrro médio das curvas de nível, deduzida pelo método dos menores quadrados, é $\pm (0,27 + 0,23 \text{ tg } \alpha)^m$. Foram também executados fotoplanos na escala das cartas, e a sua verificação deu, em planimetria, um êrro médio de $\pm 1^m,35$, o que nos mostra bem o valor de um fotoplano, como uma verdadeira carta fotográfica.

Levantamentos nas escalas 1:5.000 e 1:10.000 — Estas escalas têm sido empregadas para levantamentos destinados a fins vários e por métodos estereofotogramétricos aéreo, terrestre e por «transformação».

Interessa apenas fazer aqui referência ao levantamento por fotogrametria terrestre, em curso, destinado a trabalhos de povoamento florestal. É empregada a aparelhagem Wild e a restituïção efectua-se na escala 1:5.000. Estão já concluídos cêrca de 10.000 ha e, anualmente, realizam os Serviços Florestais novas campanhas para o prosseguimento dos trabalhos.

O emprêgo da fotogrametria terrestre tem aqui o inconveniente de deixar algumas lacunas dentro dos perímetros florestais, e, por isso, seria interessante estudar, técnica e econòmicamente, a hipótese da aplicação da fotogrametria aérea.

Levantamento, na escala 1 : 25.000, para a carta militar — O levantamento da carta militar foi, até 1937, efectuado por processos clássicos, utilizando-se a prancheta. Era um trabalho moroso, que se arrastava anualmente em campanhas sucessivas.

As provas dadas já nessa data pela fotogrametria levaram os Serviços Cartográficos do Exército a abandonar quási por completo os métodos clássicos, para se dedicarem à adopção dos novos processos estereoscópicos, com a colaboração das emprêsas na parte relativa à execução do vôo e restituïção.

Assim foram, até agora, levantados cêrca de 850.000 ha e a S. P. L. A. L., que já colabo-

rou na execução de 700.000, está nesta altura a levantar mais 380.000 ha.

O vôo é realizado a uma altura entre 3.500 e 4.000 metros acima do terreno, dando para escala das fotografias cêrca de 1 : 20.000, valor superior à escala da carta e que indica, portanto, a necessidade de se estudar a aplicação de processos mais industriais do que os empregados até hoje.

A restituïção tem sido efectuada em aparelhos de precisão, obtendo-se para um autógrafo Wild o rendimento de 50.000 ha por mês, mas deve caminhar-se para a utilização de restituïdores mais simples com uma evidente diminuïção da precisão, ficando, contudo, o levantamento a satisfazer completamente o fim em vista. Assim, os Serviços Cartográficos do Exército estão a efectuar trabalhos de restituïção num aparelho multiplex Zeiss, e é de crer que as emprêsas fotogramétricas se equipem, também, com aparelhos restituïdores simples.

Para acelerar o levantamento da carta militar, conservando-lhe uma suficiente precisão, julgamos que, conforme já mostrámos numa recente comunicação apresentada à Associação de Fotogrametria, é conveniente aplicar-lhe os mais modernos métodos de triangulação e nivelamento aéreos, com os necessários cuidados e depois de experiências concretas, visto tratar-se de uma escala limite para aqueles métodos. As fiadas não deviam ser muito longas; a altura de vôo não superior a 4.000 metros; fotografia obtida com máquina de média distância focal e munida de estatoscópio, para se simplificar a compensação dos erros. Ao lado de aparelhos de precisão para a triangulação aérea, trabalhariam outros mais simples na restituïção.

Levantamentos em pequenas escalas — Até hoje, não se efectuaram levantamentos em escalas inferiores a 1 : 25.000, salvo o que se refere à simples utilização de fotografias para a correcção de linhas de costa.

É nos levantamentos coloniais, que a fotogrametria encontrará um dos seus maiores campos de aplicação, começando a apresentar-se, desde já, uma corrente favorável nesse sentido.

E porque muito há a fazer em vastas regiões, onde só, numa pequena parte, existe uma rêde de 1.ª ordem de malhas largas e algumas estações astronómicas ao longo das costas e das fronteiras, o problema fotogramétrico toma aspectos diferentes daqueles que, geralmente, estamos habituados a resolver.

No vôo fotogramétrico, deverá adoptar-se alturas da ordem dos 5.000 metros acima do terreno e utilizar-se máquinas grande-angulares ou múltiplas. Só assim se conseguirá abranger, com um par de fotografias, áreas que permitam um rendimento da fotogrametria compatível com a escala.

Os pontos de apoio, para a orientação dos pares de fotografias, deverão ser determinados por triangulação aérea, baseada nas rêdes de triangulação de 1.ª ordem ou, quando esta não exista, em pontos astronómicos, procurando-se, na medida do possível, corrigir os desvios da vertical.

Poder-se-á dêste modo efectuar, rápida e econòmicamente, levantamentos coloniais em escalas inferiores a 1 : 100.000 e se não se apresenfar viável, em algumas regiões das colónias, o emprêgo da restituïção fotogramétrica, não deixará, nesses casos, a fotografia aérea de constituir um documento de alto valor para a confecção de mosaicos ou fotoplanos, que permitirão um imediato reconhecimento de regiões até então desprovidas de qualquer meio de orientação.

Conclusões — Nestas breves considerações, procurámos apresentar o aparecimento da fotogrametria como técnica industrial, a sua brilhante e progressiva acção até hoje, e a sua necessária actuação àmanhã, com novos métodos, nos levantamentos coloniais.

Dessas considerações, se deduzem as *dez seguintes conclusões a ponderar e discutir para o desenvolvimento e aplicação industrial dos métodos fotogramétricos:*

1.ª — Os métodos fotogramétricos aplicam-se a levantamentos topográficos em tôdas as escalas, desde 1 : 250 a 1 : 250.000, e qualquer que seja a sua natureza, salvo em casos muito especiais onde isso não seja económico nem prático.

2.ª — O problema dos levantamentos urbanos, na escala 1 : 1.000, pode ser inteiramente resolvido com o emprêgo da estereofotogrametria auxiliada com um cuidadoso

trabalho de revisão e completagem no terreno.

3.ª — Os processos de «transformação» fotogramétrica constituem um valioso auxiliar da estereorestituïção, quando aplicados em certas condições e com os necessários cuidados, devendo, no entanto, a sua colaboração industrial nos levantamentos urbanos ser ainda objecto de estudo por parte das emprêsas.

4.ª — A verificação da precisão dos levantamentos deve ser feita de acôrdo com a teoria dos erros, definindo-se essa precisão pelo valor do êrro médio, e comparando-se os erros de cada permenor a tolerâncias convenientemente estabelecidas.

5.ª — A precisão dum levantamento convém ser definida, nos cadernos de encargos, por índices de precisão (erros médios e tolerâncias) deduzidos a partir de verificações feitas sôbre trabalhos realizados em regime industrial e em condições de satisfazerem o seu fim utilitário.

6.ª — Deve aproveitar-se o grande poder descritivo das fotografias com a confecção de fotoplanos, verdadeiras cartas fotográficas de grande valor para o urbanista, ao lado das cartas gráficas.

7.ª — Nos levantamentos cadastrais, constitue a fotografia um insubstituível documento nas operações de delimitação dos prédios e culturas, valorizando-se, assim, de modo notável o emprêgo da fotogrametria.

8.ª — É necessário efectuar-se o estudo comparativo, sob os pontos de vista técnico e económico, da aplicação da fotogrametria aérea ou terrestre no levantamento dos vales a inundar por albufeiras e dos perímetros florestais.

9.ª — Nos levantamentos na escala 1:25.000 deve, com os necessários cuidados, experimentar-se a aplicação da triangulação aérea, o que permitirá acelerar o seu andamento.

10.ª — Nos levantamentos coloniais impõe-se a utilização de métodos fotogramétricos de grande rendimento industrial, adoptando-se a triangulação aérea apoiada em vértices trigonométricos de 1.ª ordem ou em estações astronómicas.

DO MODO COMO DEVE SER DEFINIDA A PRECISÃO DUM LEVANTAMENTO

O interêsse em melhor justificar as conclusões 4.ª e 5.ª desta Comunicação levou-nos a redigir, posteriormente, êste pequeno anexo, onde se apresentam, com base científica, as razões que nos guiaram.

A precisão dum levantamento é o índice fundamental do seu valor, e daí a sua importância e a necessidade, portanto, de a definir com carácter científico, e sem exageros incompatíveis com a economia dos trabalhos e desnecessários ao seu fim utilitário.

Há dois problemas a tratar: O primeiro, o geral, independente da escala do levantamento e que consiste em estudar o modo como deve ser definida a precisão; o segundo, o particular, cuja finalidade é fixar a grandeza dos índices de precisão.

Aborda-se desde já o primeiro, fim principal desta nota, para, depois, em complemento, alguma coisa se dizer sôbre o segundo.

Os erros cometidos na representação do pormenor planimétrico e na das curvas de nível,

os quais definem a precisão dum levantamento, consideram-se de natureza acidental, pois os erros sistemáticos resultantes duma deformação do modêlo estereoscópico, podem, com um cuidadoso trabalho de orientação, ser diminuídos de modo a prevalecerem os acidentais devidos às restantes operações do levantamento fotogramétrico.

A análise daqueles erros de natureza acidental é, portanto, regida pela teoria dos erros, que nos ensina que a sua freqüência e grandeza seguem a curva de probabilidade, estabelecida teòricamente por Gauss. Um dos índices de precisão mais geralmente utilizado é o êrro médio, que é representado pelas abscissas dos pontos de inflexão daquela curva.

A repartição dos erros, segundo a sua ordem de grandeza, num grande número de observações, é tal que, teòricamente, só 1,3 % dos erros são superiores a 2,5 vezes o êrro médio e também só 0,1 % ultrapassam 3,4 vezes o mesmo êrro. Tem-se verificado que a teoria e a prática estão sensìvelmente de acôrdo, mas sucede, no entanto, que, quási sempre, as observações apresentam uma freqüência maior de erros grandes não prevista pela teoria (1).

Admitindo que a freqüência dos erros encontrados num levantamento segue sensìvelmente a curva de Gauss, bastaria o valor do êrro médio para definir perfeitamente a sua precisão. Ora, isto só é aceitável na hipótese dum razoável número de pormenores verificados; mas se em certos casos êsse número é diminuto, ou se a freqüência dos erros se apresenta anormal, já o valor do êrro médio não tem significado, convindo então considerar um outro índice de precisão, o êrro máximo, valor que, teòricamente, não deve ser ultrapassado e é igual a 3,4 vezes o êrro médio. Mas se está verificado que, na prática, os erros grandes têm maior freqüência do que a teoria indica, parece que, encarando o sentido das realidades, se deveria adoptar para êrro máximo um valor maior do que aquêle. Como também não é lógica a fixação dum grande valor para o êrro máximo, o que poderia implicar, em certos casos, a admissão de erros elevados, apresenta-se talvez mais aceitável a adopção de mais um índice de precisão, chamado tolerância, igual, por exemplo, a 2,5 vezes o êrro médio, permitindo-se então que uma certa percentagem de erros, superior à teórica pelas razões expostas, possa ultrapassar a tolerância.

Em resumo, a precisão dum levantamento deve ser definida pelo valor do êrro médio a que, para efeitos de verificação em qualquer caso, se deve juntar a tolerância e a percentagem de erros que a podem ultrapassar. Para se proceder a uma verificação, bastariam a tolerância e aquela percentagem, mas é necessário notar que a precisão dum levantamento só pode ser verdadeiramente caracterizada pelo valor do êrro médio.

A simples fixação dum êrro máximo, valor que não deve ser excedido, tem como conseqüência a necessidade de se corrigirem os pormenores verificados, apresentando erros que, inevitàvelmente, o ultrapassam; isto não conduz, portanto, a um critério lógico de verificação, visto que aquelas correcções nos pormenores, só poderiam colocar o levantamento nas condições exigidas, na hipótese inadmissível duma total verificação.

Resta agora tratar do modo como deve ser fixada a grandeza dos índices de precisão atrás definidos. Desde que existam levantamentos efectuados já fora da sua fase experimental e em condições, portanto, de serem aceites para o seu fim utilitário, parece que o melhor meio de se estudar a precisão a fixar em futuros trabalhos, consistirá em proceder a um grande número de verificações e delas deduzir o valor do êrro médio. Se as verificações forem feitas em levantamentos susceptíveis de um maior aperfeiçoamento, poderá fixar-se, provisòriamente, o valor do êrro médio, que será definitivamente corrigido, quando se admitir ter sido atingido o máximo desejável em regime de produção industrial.

O êrro médio em planimetria deduz-se dos erros de posição de bastantes pontos de pormenor, cujas coordenadas exactas são rigorosamente determinadas com triângulos e intersecções directas e comparadas com as tiradas, também rigorosamente, das cartas. Além do rigor dos métodos, é necessário também escolher para pontos de pormenor a verificar, só os que

(1) Liagre diz, a pág. 279 do «Calcul des probabilités», que «il arrive fréquemment que l'observation présente plus de grandes érreurs que la théorie n'en prévoit».

sejam perfeitamente definidos, não só no terreno, mas também na carta.

Os coeficientes da expressão do êrro médio das curvas de nível são deduzidos, pelo método dos menores quadrados, a partir de verificações efectuadas com perfis sensìvelmente normais às curvas de nível e rigorosamente levantados. Nestas verificações devia, teòricamente, ser deduzido, para cada curva, o valor do êrro em função do maior declive do terreno na região da curva, mas na hipótese de perfis sensìvelmente normais às curvas e traçados em terreno de inclinação uniforme, sem socalcos, pode tomar-se o declive médio do terreno segundo o perfil considerado.

Se os métodos de verificação não se puderem considerar pràticamente livres de erros, deverão os erros médios ser deduzidos tendo isso em atenção.

O que se acaba de apresentar não representa mais que uma análise concreta do problema da precisão dos levantamentos, com base na teoria dos erros. Já em Itália se procedeu ùltimamente (1938) de igual modo para os levantamentos cadastrais, na escala 1 : 2.000, tendo sido efectuadas verificações em levantamentos fotogramétricos com aparelhagem Nistri, donde foram deduzidos [1], para as curvas de nível, erros médios de

$$\pm\sqrt{0{,}50 + 1{,}20\ \mathrm{tg}^2\,\alpha}\ ,$$

na hipótese de uma verificação com métodos rigorosos e

$$\pm\sqrt{0{,}60 + 1{,}55\ \mathrm{tg}^2\,\alpha}\ ,$$

na hipótese de se adoptarem métodos menos rigorosos de verificação.

Para as tolerâncias fixaram-se valores duplos [1] dos erros médios, enquanto se tratar de trabalhos em contínuo aperfeiçoamento e susceptíveis de maior precisão. No que se refere aos erros excedendo as tolerâncias, admite-se uma percentagem de 10 %, embora a percentagem teórica (para uma tolerância dupla do êrro médio) seja apenas de 4,6 %.

Não existem ainda dados de verificação para a escala 1 : 1.000 e, por isso, se mantem a tolerância provisória de 1 m, admitindo-se a mesma percentagem de 10 %.

Nas zonas cobertas da vegetação, adoptam-se ainda tolerâncias maiores, fixadas para cada caso de acôrdo com o carácter da vegetação [2].

---

[1] «L'errore medio altimetrico nelle mappe aerofotogrammetriche del nuovo catasto italiano», in Rivista del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali de Set., Out. 1938.

[1] No artigo «Primi esperimenti per la formazioni della carta d'Italia in grande scala», in R. C. S. T. E. de Nov., Dez. 1941, indica-se uma tolerância constante de 2 m para inclinações do terreno não superiores a 25 g e para outras inclinações $\sqrt{3{,}75 + 9\ \mathrm{tg}^2\,\alpha}$, o que mostra terem sido, posteriormente, adoptadas tolerâncias iguais a 2,5 vezes o êrro médio deduzido na 2.ª hipótese.

[2] «Tolleranze ammesse nella esattezza della rappresentazione plano-altimetrica» in Fotogrammetria (I. G. M.), parte terza, pg 637 — Firenze, 1940.

Estudo experimental de tabuleiros de pontes com apoios inclinados

POR EDGAR CARDOSO
Engenheiro Adjunto da Divisão de Pontes da J. A. E.

Extracto (1) dum trabalho subsidiado pelo Instituto para a Alta Cultura

1.ª PARTE — Considerações gerais

1 — Generalidades

O trabalho que se apresenta é, em resumo, o estudo experimental de lajes curvas de expessura variável formando tabuleiros de lajes vigadas ou não, (aparentemente semelhantes a arcos e abóbadas, abatidos) de apoios simples inclinados.

Trata-se de um problema de aplicação directa ao cálculo de pontes e que hoje, mais do que nunca, merece interêsse particular por nos parecer conduzir a soluções acentuadamente mais económicas do que as que habitualmente se empregam.

Pretende-se calcular um sistema capaz de substituir, com vantagem técnica e económica, um tabuleiro de ponte normalmente constituído por uma laje vigada de betão armado com apoios simples de dilatação horizontal. Implìcitamente, há, portanto, uma pequena altura disponível para não subir a razante e o terreno não nos merece garantia de indeformabilidade, plástica ou elástica, isto é, não podemos empregar arcos ou abóbadas nem o sistema poderá ser hiperestático por condições de ligação exterior.

Estudos já por nós iniciados levaram-nos a concluir que se obtém economia no custo de tais tabuleiros e se lhes reduz a altura das vigas pelo simples emprêgo de aparelhos de apoio com disposição de dilatação inclinada. Esta disposição dá, com efeito, pelo menos, esforços totais menores ao longo das secções rectas mais esforçadas da região do meio vão, além de estabilizar os encontros por gerar uma acção oposta ao impulso das terras.

Mas, uma dúvida perfeitamente justificada nos apareceu e que deve ser uma das causas que se opõe à generalização dos tipos de pontes em estudo: é a maneira *como se distribuem os esforços totais duma secção pelos diferentes pontos da secção.*

Nos tabuleiros correntes de lajes vigadas como se distribuïrá uma carga concentrada, que actue no tabuleiro, pelas diferentes vigas? E numa laje sem nervuras qual será a lei de distribuïção pela secção transversal?

Se os apoios dêstes tabuleiros são de livre dilatação horizontal, supõe-se, no primeiro caso, que cada viga recebe as reacções das lajes que lhe são inseridas, lajes que se consideram simplesmente apoiadas nas nervuras, ou, com mais aparente rigor, supõe-se que a laje forma uma viga contínua transversal apoiada nessas nervuras; então, para esta segunda hipótese, cada nervura receberá a reacção correspondente dessa viga contínua. Na laje sem nervuras, se é plana, dão os regulamentos algumas normas de cálculo; se é uma abóbada diz o próprio Regulamento do Betão Armado que a devemos calcular distribuindo as cargas

(1) Dum relatório entregue ao I. A. C. em Dezembro de 1942.

concentradas por tôda a largura da abóbada, sem distribuïção no sentido longitudinal.

Mas, será realmente assim? ou é antes a fôrça do hábito que nos leva a conduzir os cálculos segundo essas hipóteses?

E como proceder para calcular os tabuleiros com disposição inclinada de apoios?

Nos tabuleiros vigados é de supor que a distribuïção não seja tão simples como atrás indicamos, pois a própria intuïção nos diz que uma carga sôbre uma nervura há-de fatalmente transmitir os seus efeitos as restantes nervuras, quer haja ou não apoios inclinados, o que é contra as hipóteses anteriormente formuladas.

Aplicar às lajes sem nervuras, a estudar, as normas que o Regulamento do Betão Armado dá para as lajes planas, seria um arrôjo sem motivo, visto que o citado Regulamento generaliza (assim nos parece) os resultados que os laboratórios obtiveram para um simples caso particular que nada tem de comum com o caso presente; supor a nossa laje uma abóbada corrente de betão armado e efectuar o seu cálculo como tal indica o mesmo regulamento é cometer um duplo êrro, porque nem a estrutura é do tipo corrente nem a distribuïção indicada das cargas concentradas corresponde à realidade, como já tivemos ocasião de dizer nas nossas publicações.

Calcular, pela análise, os esforços desenvolvidos, em tais sistemas, não é coisa fácil, dizemos até ser impossível pràticamente porque mesmo os métodos ditos exactos falham juntos duma descontinuïdade do sistema ou dos pontos de aplicação das cargas concentradas em restrita zona, que é aonde deviam dar resultados mais rigorosos.

Verificada a impossibilidade de resolver, por via analítica, com alguma aproximação, o cálculo dessas lajes curvas só um caminho há a seguir — *o estudo experimental.*

Ensaiar construções em verdadeira grandeza, não é prático principalmente pela complicada realização das solicitações, da incerteza de execução e funcionamento das fundações e da quási sempre falta de verificação dos resultados; não é também económico porque só a obra custaria dezenas ou centenas de contos conforme a sua importância.

Caímos, assim, no estudo experimental com o auxílio de modelos reduzidos, modelos que poderão ser uma tradução fiel da construção real, que fàcilmente se estudarão para tôdas as solicitações e que darão resultados sujeitos às verificações a que os queiramos submeter.

2 — Métodos experimentais utilizados

Não conhecemos método algum capaz de dar o estado de tensão numa pequena zona dum corpo do espaço a não ser pela medida, por qualquer processo, das deformações das fibras dessa zona.

Se o sistema é a duas dimensões os métodos são variados dos quais destacaremos pela sua importância o *fotoelasticimétrico* mas de impossível aplicação nos casos que pretendemos resolver por serem tridimensionais.

É contudo possível determinar por outros processos o valor das hiperestáticas de certos corpos do espaço, quando reduzimos essas grandezas a um efeito total da secção a estudar. Por exemplo, se quisermos saber qual o momento de torção duma viga curva, num encastramento, realizamos materialmente essa viga, incluindo tôdas as suas ligações com excepção daquela que se opõe à torção a calcular. Quando se solicita a viga, esta deforma-se e o encastramento aonde se procura o momento de torção sofrerá uma rotação angular tendo por eixo o vector correspondente. É então possível aplicar um binário exterior que leve essa rotação a zero, binário que é, nem mais nem menos do que a hiperestática procurada, em valor absoluto. Podemos ainda, em certos casos, determinar os esforços desenvolvidos numa pequena zona duma laje por processo idêntico ao anterior (pormenorizadamente descrito num artigo do autor na «Revista da Faculdade de Engenharia», Vol. VI n.º 4 de Agôsto de 1940) cortando o modêlo de modo a destacar a pequena zona a estudar. Mas, não podemos resolver por qualquer dêstes processos o problema agora em causa por necessitarmos conhecer o estado de tensão em qualquer zona da superfície das estruturas, sem condicionamentos e sem cortar o modêlo, o que falsearia os resultados.

Há portanto, que medir, por qualquer processo, as deformações das fibras dos sólidos.

Se o sistema obedece à lei da continuïdade

e se a lei de Hooke se verifica, a medida das variações angulares de duas normais $\Delta\varphi$ ou $\Delta\theta$ da superfície do corpo dará, a certa escala, os momentos flectores M_f ou de torção M_t na zona Δx compreendida entre essas normais. As relações que os ligam são respectivamente:

$$\Delta\varphi = \frac{M_{fx}\,\Delta x}{E\ I} \quad \text{(Flexão)}$$

$$\Delta\theta = \frac{M_t\,\Delta x}{G.F\,(S)} \quad \text{(Torção)}$$

Em que E e G são os módulos de elasticidade longitudinal e transversal, I o momento de inércia da secção e F (S) uma função da secção transversal. O momento M_{fx} é *aparente;* para termos o *momento flector efectivo* $\mathcal{M}_{fx}$ é necessário determinar o momento flector aparente em direcção normal a que chamaremos $M_{f\gamma}$.

A equação seguinte:

$$\mathcal{M}_{fx} = \frac{1}{1-\mu^2}\left(M_{fx} + \mu\ M_{fy}\right)$$

liga $\mathcal{M}_{fx}$ a calcular, com M_{fx} e M_{fy} uma vez que se conheça o coeficiente de Poisson μ do material.

De igual modo, a teoria da elasticidade dá a tensão aparente R_x duma fibra pela medida da extensão dessa fibra na zona a estudar:

$$R_x = \frac{E\,.\,\Delta x}{x}$$

em que x é o comprimento do trôço da fibra, Δx a sua extensão e E o módulo da elasticidade da fibra.

A tensão efectiva obtém-se, também idêntica-mente, desde que se conheça a tensão aparente normal à fibra, R_y, na zona em estudo:

$$\mathcal{R}_x = \frac{1}{1-\mu^2}\left(R_x + \mu\ R_y\right)$$

Resta, portanto, tornar possível a medida das variações angulares $\Delta\varphi$ e a medida das variações lineares Δx. As primeiras são muito pequenas, pelo que teremos de as amplificar, e assim, terão os modelos de ter espessura reduzida o que nos condiciona o estudo às lajes delgadas. As extensões Δx, para serem apreciáveis, terão também de ser amplificadas milhares de vezes.

Os métodos que vamos utilizar baseiam-se, pois, na medida dos desvios angulares com o auxílio de *flexímetros-torcímetros,* ou na medida das variações de comprimento das fibras com os *extensómetros.* São métodos integralmeute mecânicos que a par de serem os mais simples julgamos serem também os mais rigorosos.

Adiante indicaremos como é possível verificar os resultados e como se pode conhecer certo momento ou tensão sem entrar em conta com a amplificação dos aparelhos e sem determinar as características do material dos modelos.

* * *

Um maior desenvolvimento dos métodos de ensaio utilizados, a descrição dos aparelhos de medida, o material dos modelos e suas características, encontram-se pormenorizadamente descritos num artigo do autor publicado no Boletim da Ordem dos Engenheiros n.º 68, de Agôsto de 1942.

2.ª PARTE — A Laje Nervurada

1 — Generalidades

O primeiro problema que se apresenta, pela sua aparente simplicidade, é o do estudo de tabuleiros de lajes nervuradas.

Dizemos, pela sua simplicidade, porque, em cálculo, êsses tabuleiros são uma transição entre a viga pròpriamente dita, que se estuda no plano (assim a temos considerado) e a abóbada, que tem de ser estudada no espaço.

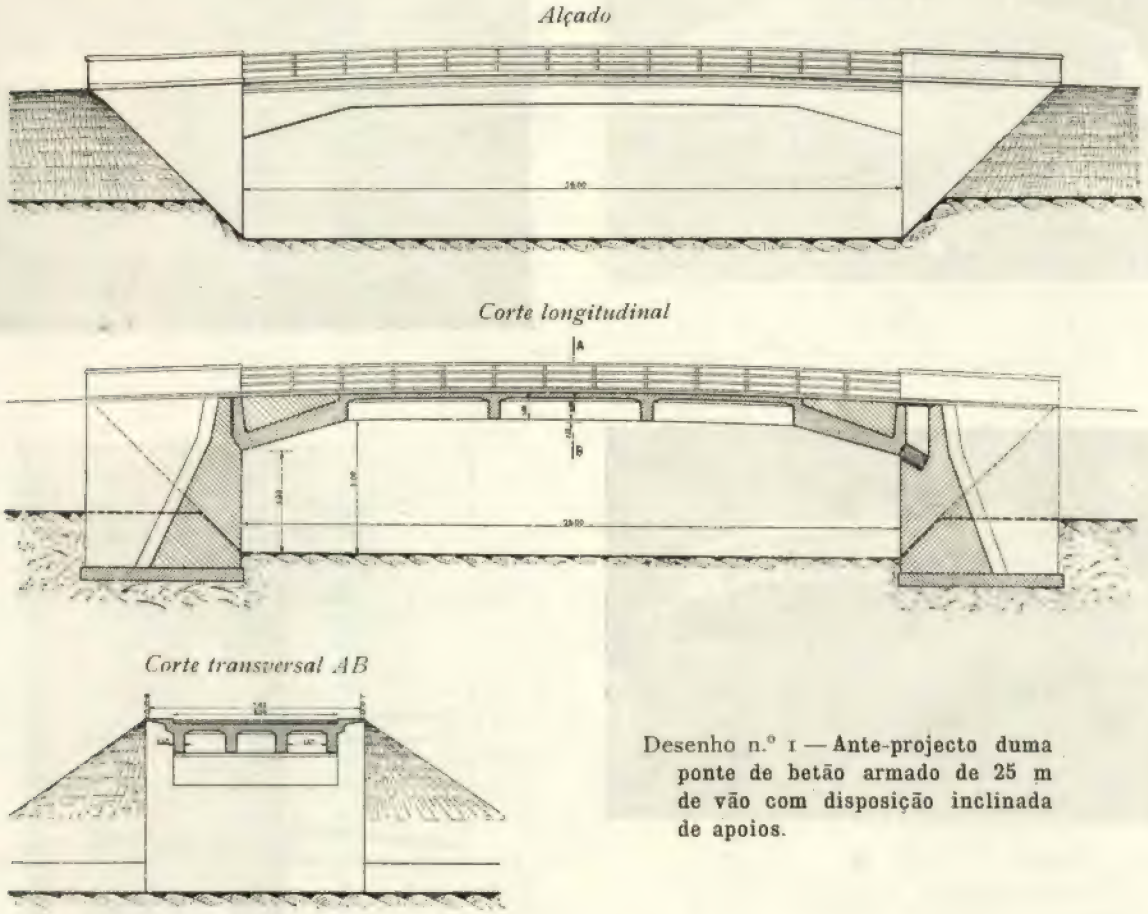
Os tabuleiros de vãos superiores a 15 metros, números redondos, deverão ficar mais económicos retirando-lhes, da região central, a parte do betão da zona traccionada, isto é, transformando a laje curva de secção transversal rectangular, em laje nervurada, em «caixotões».

Mas, uma carga concentrada actuando num ponto do tabuleiro, como se distribuirá pelas diferentes nervuras? É um problema de hiperestaticidade de elevado grau que vamos tentar

solucionar. Para mais aproximação da realidade, vamos supor que temos a resolver um caso concreto: *calcular um tabuleiro de 25,00 metros de vão prático* obedecendo a determinadas condições de «gabarit» do vão e a uma certa rasante. A estrutura, a projectar, deverá ter, por hipótese, um conjunto análogo ao do alçado que se apresenta no desenho n.º 1.

corte transversal do ante-projecto da ponte de betão armado de 25,00 m de vão.

Admitamos, ainda, que sabemos calcular as lajes entre as nervuras, lajes que por serem apoiadas em quatro lados, dois a dois muito desiguais, se consideram apenas apoiadas nas vigas, segundo o preceituado no Regulamento do Betão Armado.



Desenho n.º 1 — **Ante-projecto duma ponte de betão armado de 25 m de vão com disposição inclinada de apoios.**

Os terrenos de fundação e os encontros permitem que se empregue uma inclinação do apoio móvel sôbre a vertical igual a 60º.

Naturalmente, convirá esvaziar a parte central do tabuleiro, na zona de tracção, mas de modo a dar rigidez ao conjunto e por isso se dividiu em 9 células formadas por as quatro vigas longitudinais e pelas duas carlingas.

Junto aos apoios, pelo facto da flexão predominar menos sôbre a compressão, melhor será executar uma laje macissa, sem nervuras, embora de menor altura resistente.

É o que nos mostra o corte longitudinal e o

Há portanto a calcular as vigas e as carlingas na parte ôca e a laje espessa junto aos apoios.

2 — O Modêlo — sua montagem para ensaio

O modêlo do tabuleiro foi construído à escala 1:25 pelo que tem de vão livre 1,000 m. Não consideramos a parte em consola dos passeios nem o espelho de guarda enchimento dos encontros.

O modêlo, uma vez sêco e riscado, foi montado no suporte para ensaio com o apoio móvel

inclinado de 30° sôbre a horizontal. O apoio móvel é do tipo *pendular*, mas a espessura e o comprimento do pêndulo não correspondem à realidade porque as suas pequenas dimensões não permitem rigor das superfícies de contacto; exageramos por isso o seu comprimento e reduzimos a espessura, para maior certeza da inclinação do bloco móvel.

As fotografias 2, 3, 4 e 5 mostram-nos alguns aspectos da montagem do modêlo e da aparelhagem utilizada para ensaio. A fotografia 6 dá uma imagem do bloco pendular do apoio móvel a ser ensaiado, já com as suas dimensões transversais a uma escala geométrica perfeita.

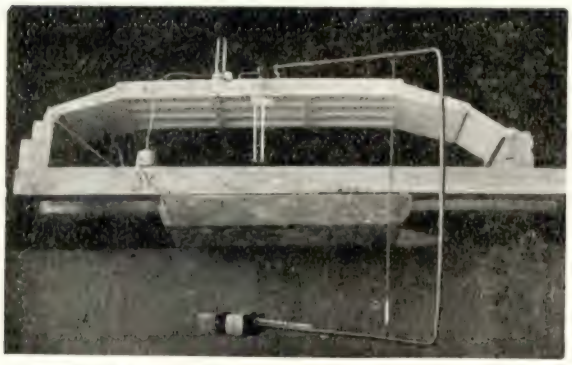


Fig. 2

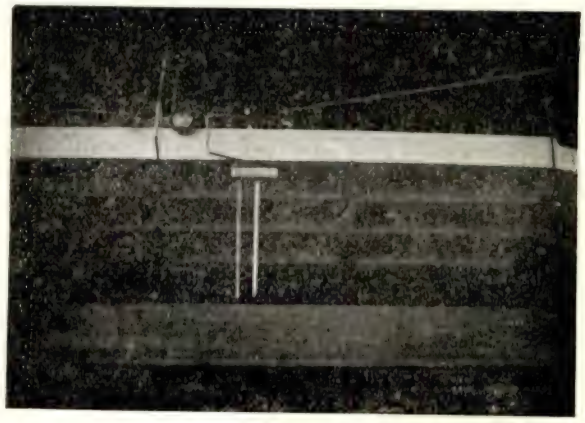


Fig. 5

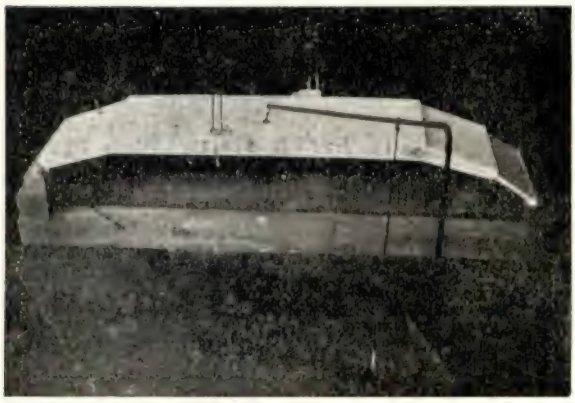


Fig. 3

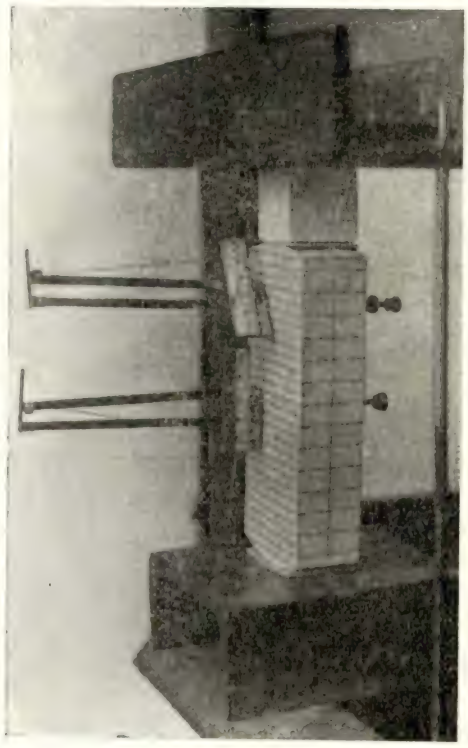


Fig. 6

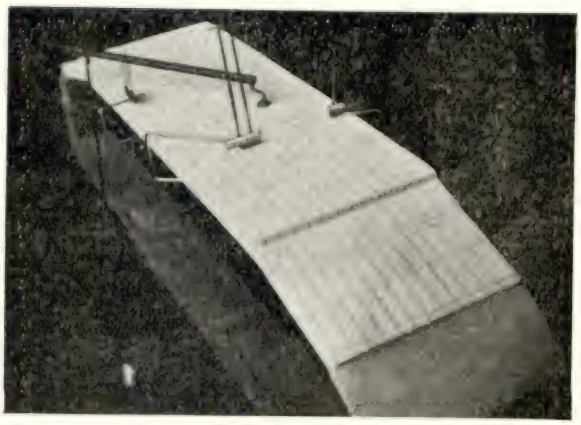


Fig. 4

3 — O cálculo analítico dos esforços e das tensões e armaduras

Interessa, muito particularmente, a comparação dos resultados experimentais com os obtidos pela teoria dos cálculos correntes. Por isso vamos, primeiramente, apresentar um resumo dêstes últimos cálculos.

Conhecidos os elementos geométricos de cada uma das secções do modêlo a Estática determina, não só as reacções totais de apoio, para cada posição da carga móvel como também as linhas de influência dos momentos flectores e dos esforços normais totais de cada secção a considerar.

Calcularemos apenas as tensões na face inferior das secções mais notáveis: da secção 0.5, que é a secção média do tabuleiro da parte ôca e as da secção 0.9, da parte macissa.

Os elementos geométricos e elasticimétricos de cada uma das secções, as linhas de influência dos momentos flectores e as linhas de influência dos esforços normais (estes últimos gràficamente representados no Des. n.º 7) permitem obter as linhas e superfícies de influência das tensões teóricas do modêlo quer considerando o tabuleiro no seu conjunto a funcionar como viga quer considerando as nervuras independentes umas das outras. Em qualquer destas hipóteses, cada secção longitudinal das superfícies de influência é formada por segmentos de recta; basta portanto determinar as ordenadas sôbre a secção a estudar e sôbre o apoio móvel.

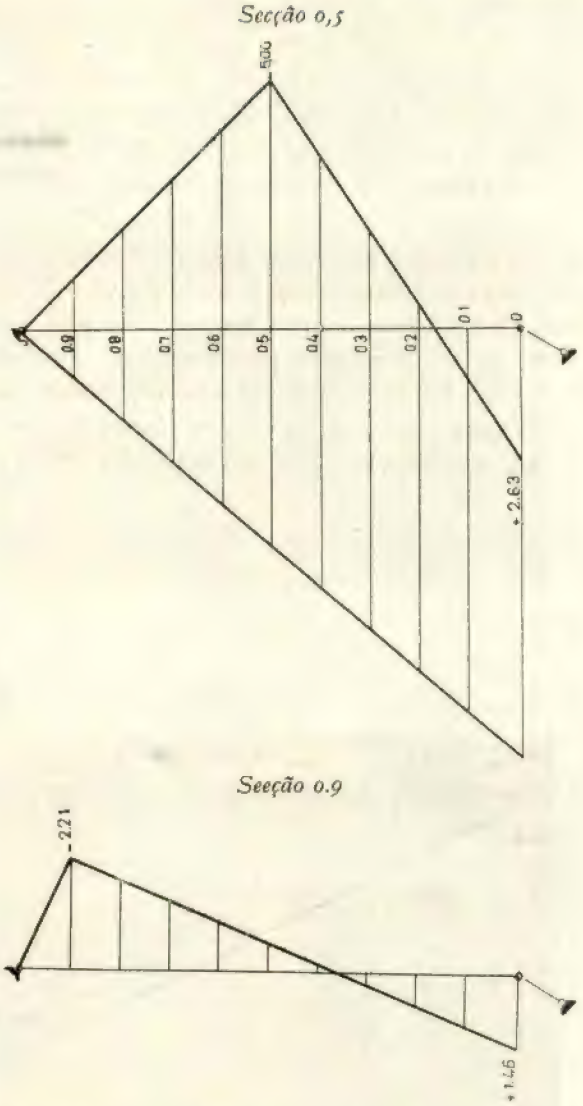
A — 1.ª hipótese — *O tabuleiro funciona como viga.*

— As ordenadas que definem a superfície de influência das tensões na face inferior da secção 0.5, são:

Sôbre a secção 0.5..... $R_t = 0.77$ kg/cm²
Sôbre o apoio móvel..... $R_c = 0.45$ kg/cm²

— Idênticamente, as da secção 0.9, são:

Sôbre a secção 0.9..... $R_t = 0.25$ kg/cm²
Sôbre o apoio móvel..... $R_c = 0.19$ kg/cm²



Desenho n.º 7 — Linhas de influência dos momentos flectores e dos esforços normais (**Método analítico**).

B — 2.ª hipótese — *As nervuras são independentes.*

Segundo o conceito aparentemente mais rigoroso, como já atrás dissemos, a carga sôbre cada nervura é a reacção da laje considerada como contínua sôbre apoios de rotação livre e indeformáveis. Quere dizer, quando a carga está sôbre a nervura, a estudar, a carga actua com tôda a sua intensidade; à medida que a carga se afasta, no sentido transversal, a nervura recebe a reacção de apoio da laje contínua, de três tramos.

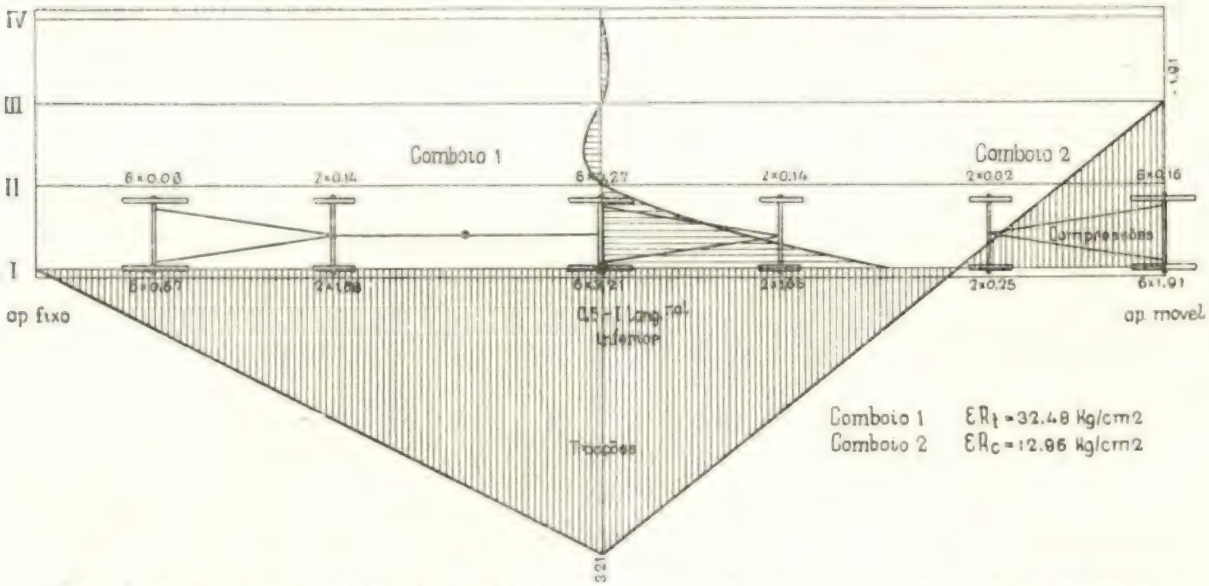
É suficiente, portanto, determinar as tensões na fibra da secção considerada, quando a carga

está sôbre a secção e quando se encontra, no plano da nervura, sôbre o apoio móvel; as restantes ordenadas das superfícies de influência deduzem-se daquelas a partir das linhas de influência das reacções de apoio da laje.

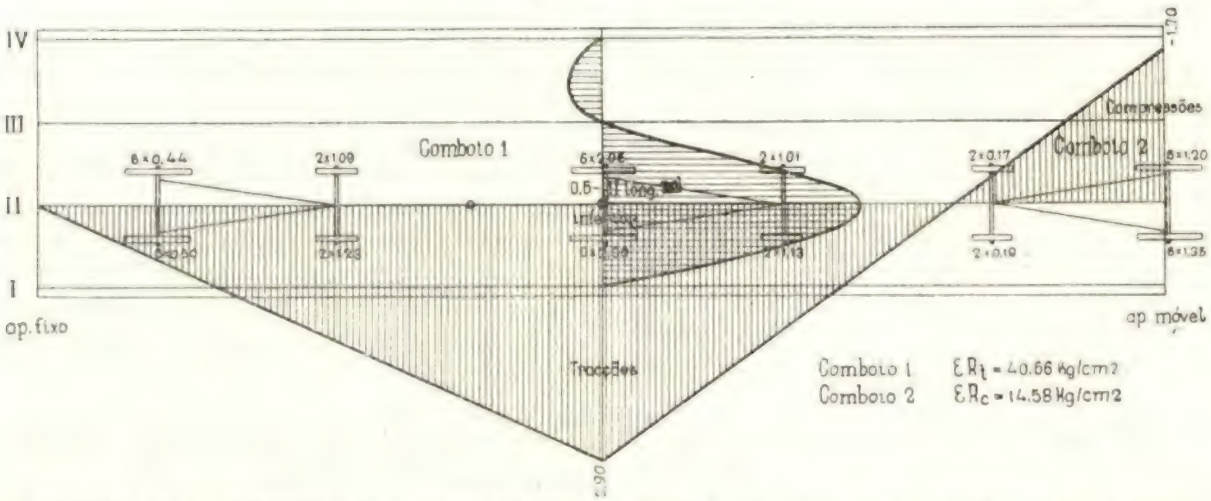
Nos Des. n.os 8, 9 e 10, encontram-se indicadas, respectivamente, as superfícies de influência das tensões nas faces inferiores das vigas extremas e intermédias a meio do vão (hipótese B) e na face inferior da secção 0.9 (hipótese A) no sentido longitudinal, do modêlo reduzido. Essas superfícies são representadas pelas suas intercepções com os planos das nervuras, intercepções que são rebatidas sôbre o plano do papel. Nelas se indicam os valores das ordenadas que as definem.

C — *As tensões máximas produzidas nas secções que temos vindo considerando, pela passagem dos auto-camiões regulamentares reduzidos, nas suas dimensões, à escala do modêlo e tendo por carga das rodas 6 e 2 kg, respectivamente, à retaguarda e à frente.*

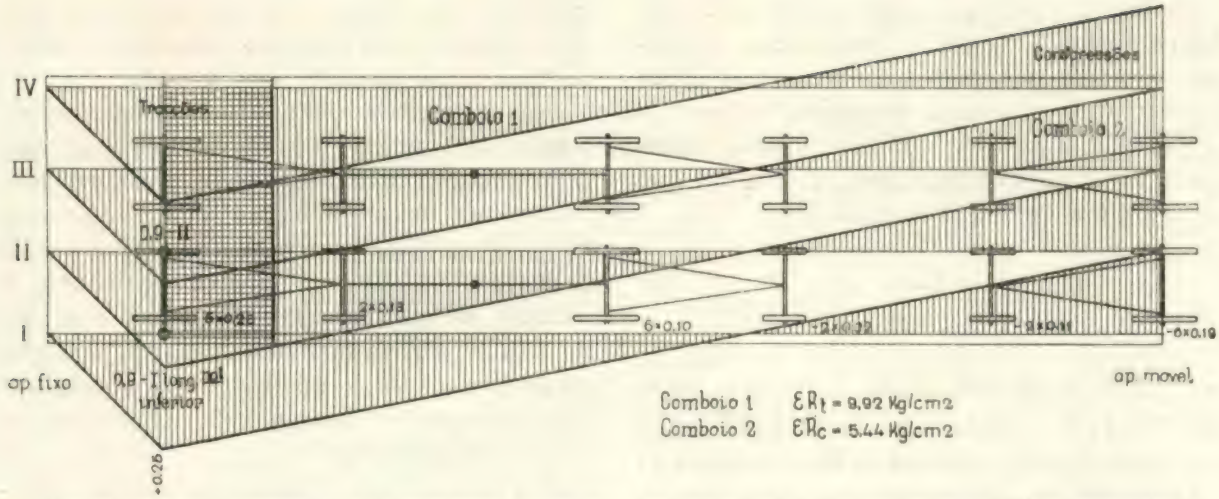
Colocamos os auto-camiões nas posições mais desfavoráveis sôbre cada superfície de influência de modo a obter tensões máximas.



Desenho n.º 8 — Superfície de influência das tensões; secção 0.5 das nervuras extremas I, face inferior
(Método analítico)



Desenho n.º 9 — Superfície de influência das tensões; secção 0.5 das nervuras intermédias II, face inferior
(Método analítico)



Desenho n.º 10 — Superfície de influência das tensões; secção 0,9 I e II, face inferior **(Método analítico)**

Essas tensões são indicadas nos desenhos das referidas superfícies.

Desde já podemos concluir que as vigas intermédias são consideràvelmente mais esforçadas que as extremas — na tracção — segundo os cálculos analíticos.

D — *As tensões na obra real — ponte de 25 metros — produzidas pela carga permanente e pela sobrecarga rolante da faixa de rolagem.*

Ainda por cálculos que não interessam, obtivemos as seguintes tensões totais:

Secção 0.5 das vigas extremas (I), inferior:

Tracção máxima ..... $R_t = 157{,}5$ kg/cm²
» mínima .... $R_t = 62{,}9$ kg/cm²

Secção 0.5 das vigas intermédias (II) inferior:

Tracção máxima ..... $R_t = 174{,}5$ kg/cm²
» mínima ... . $R_t = 59{,}7$ kg/cm²

Secção 0.9 (I e II), inferior:

Tracção máxima..... $R_t = 36{,}9$ kg/cm²
» mínima..... ..... $R_t = 5{,}0$ kg/cm²

E — *As armaduras de tracção da obra real.*

Supondo o tabuleiro de betão armado, as armaduras necessárias para só por si absorverem a totalidade dos esforços de tracção são aproximadamente:

Secção 0.5 das vigas extremas (I) $A_a = 127$ cm²
» » » » intermédias (II) .... $A_a = 142$ cm²
Secção 0.9 (total)..... $A_a = 186$ cm²

Segundo os cálculos que temos vindo desenvolvendo, em resumo, podemos desde já afirmar que as secções das armaduras tensas da ponte de 25 metros com disposição de apoios inclinados são pouco superiores às que teríamos de empregar num tabuleiro simplesmente apoiado, de dilatação horizontal, de metade do vão.

E se comparássemos o tabuleiro de 25 metros com um de outro tipo para vencer o mesmo vão, por exemplo, um tabuleiro «Vierendeel», concluiríamos que êste último levava cêrca do dôbro de ferro do primeiro.

4 — O cálculo experimental

Naturalmente, a questão de maior interêsse do presente trabalho, é o estudo experimental. Muito embora seja de extrema simplicidade, tratá-lo-emos, para melhor compreensão, com todo o pormenor.

A — *Método utilizado.*

O modêlo tendo sido projectado a uma escala geométrica, teve de ser ensaiado apenas com os extensómetros porque as suas secções não permitem o uso dos fleximetros.

Medimos, portanto, os alongamentos verdadeiros positivos ou negativos das fibras do modêlo a partir dos quais calculamos as tensões aparentes do material, conhecido como é o módulo de elasticidade do gêsso, para a percentagem de água empregada. A relação que os liga é a seguinte, já indicada:

$$R_x = \frac{E \cdot \triangle X}{X}$$

em que R_x é a tensão média aparente da fibra na zona x. E o módulo de elasticidade e $\triangle x$ a variação de comprimento da fibra no trôço x.

Utilizando um extensómetro de amplificação A e se fôr $\triangle L$ a diferença de leituras da escala para uma montagem do aparelho da base de medida L, a tensão aparente será:

$$R_L = \frac{E \cdot \triangle L}{L \cdot A}$$

Os regulamentos obrigam a calcular as tensões efectivas; vimos já, também, que para as obter era necessário calcular as tensões aparentes na direcção normal ou, o que é o mesmo, as variações de comprimento das fibras ortogonais correspondentes.

Mas, porque é que um corpo rompe quando submetido a cargas? É por a tensão efectiva ter atingido a chamada carga de rotura? Dos muitos e variados *Critérios de Resistência,* ainda não há um que nitidamente se imponha, em absoluto, sôbre os restantes, quando se entra no espaço, em particular com materiais anisótropos ou heterogéneos. Mas tudo indica que a causa da rotura deve ser mais uma função das deformações dos corpos do que dos esforços. Por isso vamos limitar-nos a calcular as tensões aparentes, obtidas pelas dilatações embora desrespeitando as disposições regulamentares.

B — *Montagem dos extensómetros.*

Para a medida das dilatações das fibras na direcção do vão utilizámos os extensómetros de amplificação 2.500, com uma base de medida de 20 mm. Esta base é suficientemente pequena, atendendo às dimensões das secções e à distância destas à carga empregada nos ensaios, para que possamos considerar iguais as tensões em todos os seus pontos.

Para a medida das dilatações no sentido transversal, por serem bastante mais pequenas, servimo-nos do extensómetro prepositadamente construído com amplificação 5000. As fotografias n.os 2, 3, 4, 5 e 6 dão vários aspectos da montagem do aparelho onde se vê, também, a maneira de efectuar as leituras, com o auxilio de uma lupa para melhor apreciar as fracções de divisão e com o espelho para a leitura dos aparelhos quando montados na face inferior em direcção transversal.

Dos cuidados a ter com a montagem destacaremos os mais importantes a saber:

— que os rolos apoiem no modêlo por as geratrizes, isto é, que os aparelhos fiquem normais à superfície da zona a estudar;

— que o grampo de apêrto do aparelho contra o modêlo seja colocado no furo mais conveniente do aparelho (furos que existem por baixo da escala) de modo a igualar a pressão nos rolos, ou melhor ainda, de modo a imprimir uma pressão ligeiramente superior no rôlo móvel;

— que a peça móvel do extensómetro só toque na peça fixa pelo rôlo e pela chapa.

— que o aparelho alinhe com a fibra a estudar;

— que a distância entre os centros dos rolos das superfícies de contacto do aparelho no modêlo seja a base de medida exacta ou pelo menos conhecida para ulterior correcção dos cálculos.

C — *Carga de ensaio a suportar pelo modêlo.*

As cargas de ensaio são cargas concentradas em restrita zona, que podemos considerar pontuais.

Antes de ensaiar um modêlo é necessário calcular a carga que êle é capaz de suportar sem que se produzam tensões superiores ao limite admissível para o material.

As secções das nervuras em peores condições são as que existem um pouco além da secção 0.5 para o lado do apoio fixo. Admitamos no entanto que é nessa secção 0.5 que se desenvolvem as máximas tensões:

Vimos que a carga de 1 kg produzia na secção 0.5 das nervuras extremas uma tracção:

$$R_t = 3{,}21 \text{ kg/cm}^2$$

quando se supõem as nervuras a funcionar independentemente umas das outras. Esta condição deve ser bastante desfavorável, pois que supondo o tabuleiro a funcionar com viga teríamos

$$R_t = 0.77 \text{ kg/cm}^2$$

não sendo natural que a tensão máxima atinja o triplo do valor médio isto é 2,3 kg/cm².

Quanto à laje, entre nervuras, admitindo um encastramento parcial daquela nestas e que a largura de distribuïção da carga, suposta pontual, é igual ao vão teórico da laje (aproximadamente 8 cm), teremos para momento flector:

$$M = \frac{P\,L}{5} = \frac{1 \times 8}{5} = 1{,}6 \text{ kgcm}$$

e para tracção máxima na laje

$$R_t = \frac{6\,M}{b\,h^2} = \frac{6 \times 1{,}6}{8 \times 0.8^2} = 1{,}9 \text{ kg/cm}^2$$

O que limita a carga de ensaio, pelo cálculo, é portanto a tensão nas nervuras extremas. A carga de rotura do gêsso é cêrca de 40 kg/cm²; empregando um pêso 7 kg teremos, na peor hipótese, um coeficiente de segurança um pouco inferior a 2, o que é mais que suficiente, dada a perfeita construção dos modelos. É certo que as vigas extremas trabalham à flexão desviada, o que não consideramos, mas a inclinação da fibra neutra e a sua mudança de posição nunca poderão dar lugar a tensões duplas da tensão considerada. O efeito da flexão desviada é de pouco interêsse por dar pequenas diferenças em relação à flexão normal. Na realidade, a carga de 7 kg, produz, a meio da face inferior das nervuras extremas, um desvio máximo da agulha do extensómetro 3 de 7,5 mm, a que corresponde uma tensão

$$R_t = \frac{E.\,\triangle L}{L.\,A} = \frac{60000 \times 0.75}{2 \times 2500} = 9{,}0 \text{ kg/cm}^2$$

que é perfeitamente admissível.

D — *Zona de distribuïção da carga de ensaio.*

A aplicação duma carga pontual daria tensões infinitas o que é impossível em estática. Pràticamente a carga procurará deformar o material até criar uma zona que dê tensões inferiores à de rotura. Distribuiremos essa carga por uma pequena zona de modo que as tensões desenvolvidas só atinjam a carga de segurança do material. Para êsse efeito interpuzemos, entre o «pivot» da carga e o modêlo, um pequeno taco de celulóide que pela sua transparência permite uma centralização perfeita da carga no ponto do modêlo a considerar.

E — *Como aplicar a carga.*

Projectamos e construímos os nossos extensómetros de modo a funcionarem por rolamento das peças mas sem que os movimentos de escorregamento fôssem impedidos. Esta disposição dá aos aparelhos extrema sensibilidade, fazendo-os reagir à mais pequena carga — maior vantagem que apresentam para o estudo de modelos reduzidos, — mas têm o inconveniente de não permitirem uma aplicação brusca da solicitação. Na realidade, se tal acontece, devido à grande amplificação, a inércia das peças em movimento fá-las escorregar [1] o que logo é notado quando se retira a carga por a agulha não voltar à posição inicial.

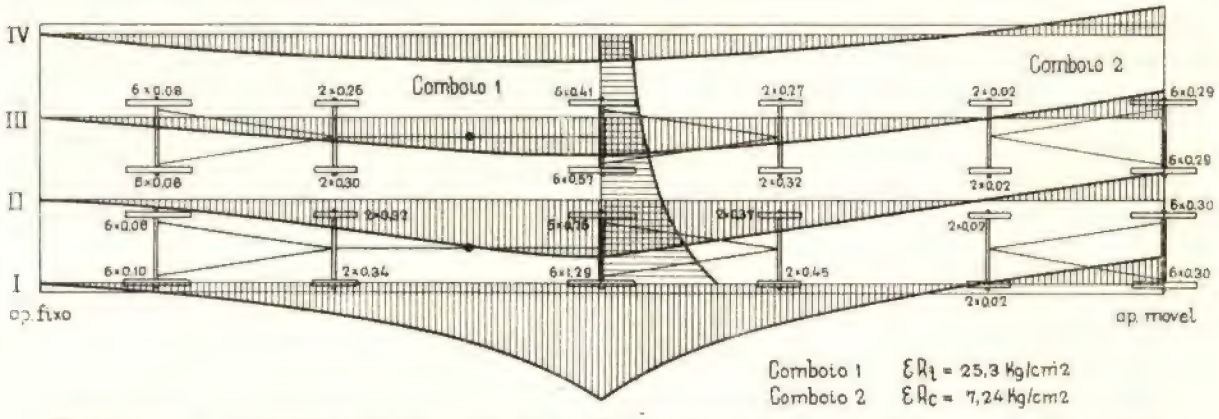
É portanto necessário aplicar a carga, lenta e progressivamente, sem choques. Como dado prático bastará segurar no grampo, que se vê nas fotografias anteriores, pelo pêso; só largando êste quando o «pivot» estiver em contacto com o modêlo; a elasticidade do grampo é suficiente para produzir a aplicação lenta e progressiva da carga.

F — *Os ensaios e as leituras efectuadas.*

Os ensaios a efectuar sôbre o modêlo são quási ilimitados, quando se passa ao pormenor. No modêlo em estudo, dever-se-ia, por exemplo, estudar a variação das tensões ao longo

[1] O inconveniente citado é talvez mais uma vantagem porque, se as peças não escorregassem, romper-se-ia o material dos modelos nos pontos de contacto com os aparelhos.

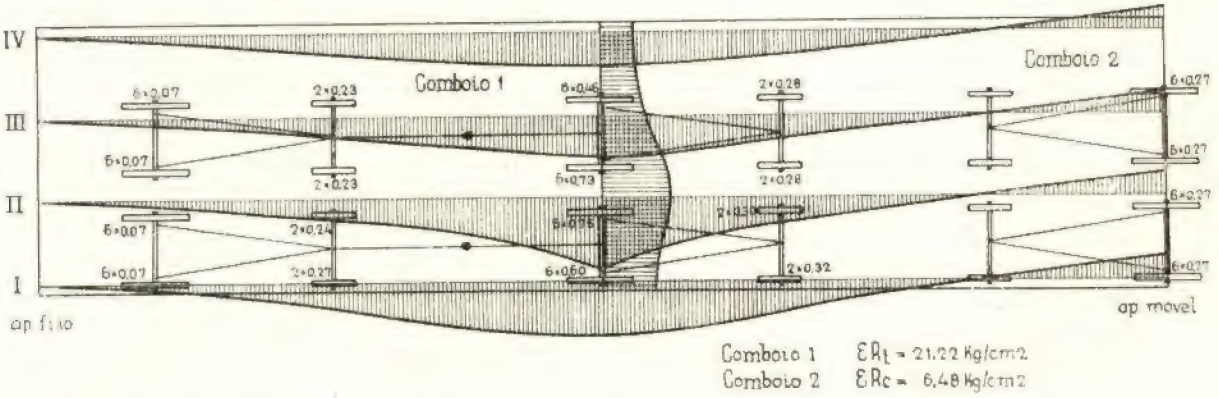
do contôrno de tôdas as secções; as tensões junto dos ângulos, as tensões nas ligações das carlingas com as nervuras e destas com a parte macissa; o efeito simultâneo de várias cargas e o de uma carga única; a transmissão directa e a transmissão indirecta das cargas



Desenho n.º 11 — Superfície de influência das tensões; secção 0.5 das nervuras extremas I, face inferior
(Método experimental)

através de uma certa espessura de diferentes materiais; as variações das tensões nas secções na hipótese de existirem uma ou mais fendas, etc., etc.

Um estudo completo necessitaria como é fácil ver, além de muito tempo e de mais



Desenho n.º 12 — Superfície de influência das tensões; secção 0.5 das nervuras intermédias II, face inferior
(Método experimental)

aparelhagem o concurso de pessoal auxiliar. De verdade, uma pequena conclusão que se tire é o resultado de muitas dezenas ou centenas de ensaios que só com o tempo e com pessoal se podem obter. Bastará dizer que uma superfície de influência, para ser bem definida, admitindo que se repetem três vezes as observações, o que é pouco, precisaria de cêrca de 800 leituras do aparelho. O nosso fim é mostrar por via experimental, como já o fizemos analiticamente nos casos simples, que os tabuleiros nervurados de apoios inclinados dão vantagens económicas, o que se pode errar admitindo hipóteses aparentemente razoáveis e, principalmente, salientar quanto a experimentação é útil ao estudo do problema.

Por tudo isto, as nossas observações, longe de serem completas, limitaram-se à secção média, do tabuleiro na parte nervurada (0.5 — I inf. e 0.5 — II inf.), às carlingas e a uma secção transversal macissa junto do apoio fixo (secção 0.9).

No desenho n.º 11 indicamos a superfície de influência das tensões aparentes na face infe-

rior das vigas extremas a meio do vão; no desenho n.º 12 indica-se a superfície idêntica mas da face inferior das vigas intermédias; os desenhos n.os 13 e 14 mostram as superfícies de influência das tensões aparentes na face inferior da secção transversal 0.9 respectivamente nos alinhamentos das nervuras extremas e intermédias.

O desenho n.º 15 dá as linhas de influência das tensões na face inferior das carlingas a meio dos vãos extremos, sob uma viga intermédia e a meio do vão central.

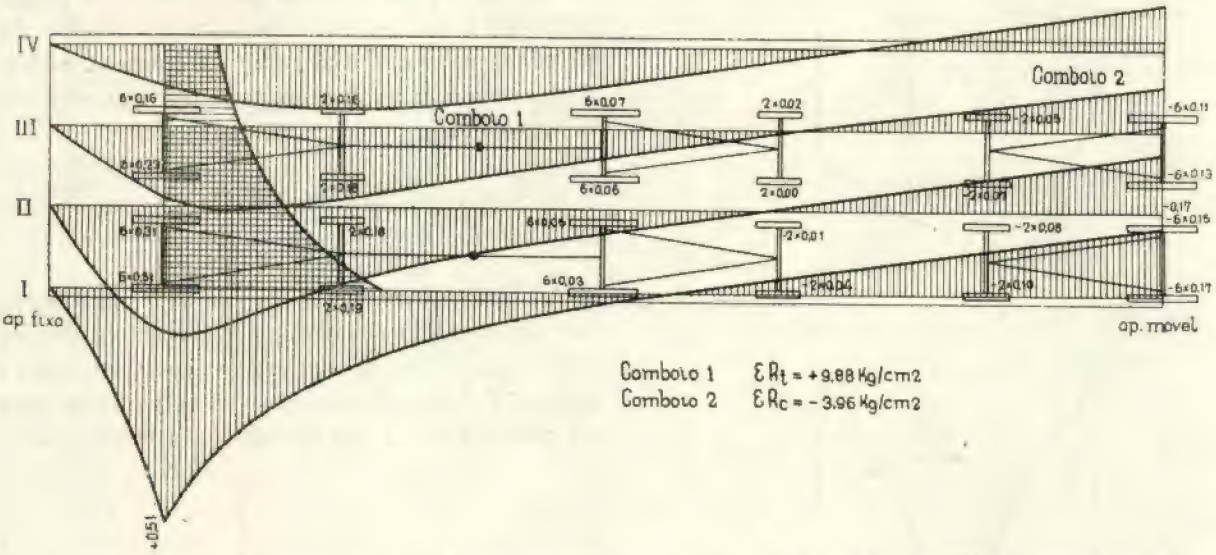
Finalmente, o desenho n.º 16 dá uma idéia do efeito da flexão desviada.

G — *A análise dos resultados.*

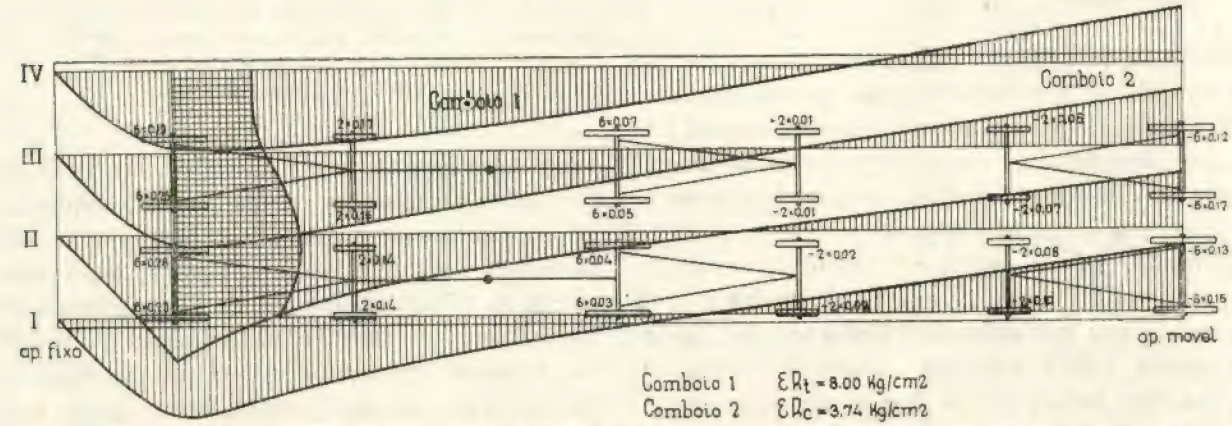
É interessante analisar a forma geométrica de cada uma das superfícies de influência que nos é dada por algumas das suas secções que directamente obtivemos. Estudaremos cada superfície de influência por sua vez.

a) *Superfície de influência das tensões na face inferior da secção 0.5 das vigas extremas.*

Quando a carga percorre a viga extrema, que encerra a secção a estudar, as tensões aumentam ràpidamente à medida que nos aproximamos da secção; a linha toma a forma curva com a convexidade voltada para baixo (na figura) apresentando um ponto de reversão sôbre a secção 0.5. A secção da superfície pela nervura II é formada, muito aproximadamente, por dois segmentos de recta correspondentes à linha teórica (salvo a escala) com excepção do vértice, que deixa de existir, para serem

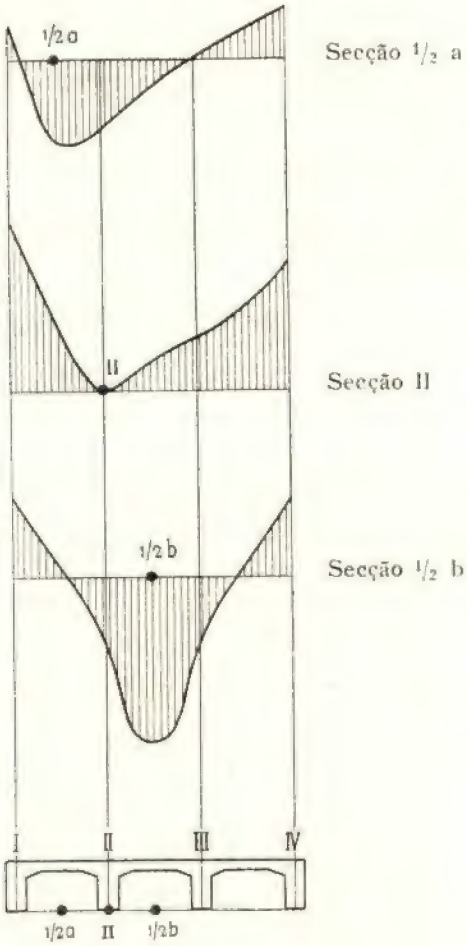


Desenho n.º 13 — Superfície de influência das tensões; secção 0.9 I, face inferior **(Método experimental)**



Desenho n.º 14 — Superfície de influência das tensões; secção 0.9 II, face inferior **(Método experimental)**

êsses segmentos concordados por uma curva contínua de convexidade para cima. As secções da superfície pelas outras nervuras são idênticas às da nervura II, mas os segmentos

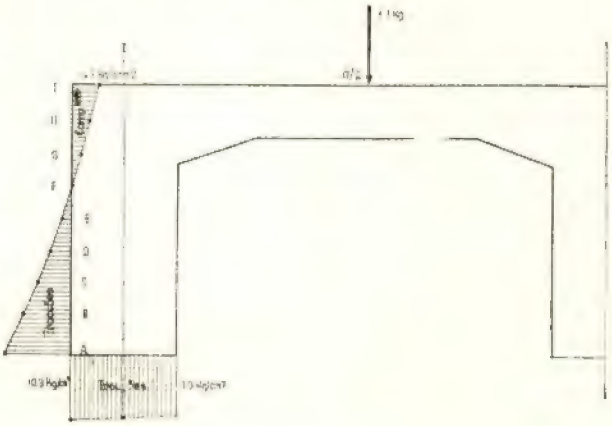


Desenho n.º 15 — Carlingas (elementos flutuantes). Linhas de influência das tensões na face inferior **(Método experimental)**

de recta tornam-se ligeiramente curvos, apresentando a curvatura tôda no mesmo sentido. Estes resultados parecem realmente certos; há uma concentração de esforços junto da carga, que se distribuem mais ou menos ràpidamente quando a carga se afasta da secção; aparece, portanto, sob a carga, um ponto de reversão que é substituído por curvas de maior raio à medida que nos afastamos dessa secção; há-de também existir entre as linhas de curvatura para um lado (nervura I) e para o outro (nervuras III e IV), uma que seja formada por segmentos de recta (nervura II) concordados por uma curva na zona da secção. As secções transversais são cada uma trapézios curvilínios com alturas pouco diferentes longe da secção, diferenças que aumentam ràpidamente nas proximidades da secção. Quere isto dizer, já como vimos no sentido longitudinal, que, quando a carga se encontra longe da secção, se pode admitir quási uma distribuïção uniforme, mas só nessa hipótese, pois que quando a carga percorre a secção em estudo as ordenadas do trapézio curvilínio são muito diferentes: sôbre a nervura I é quatro vezes maior que sobre a nervura IV.

b) *Superfície de influência das tensões na face inferior da secção 0.5 das vigas intermédias.*

As conclusões a que chegamos, pela análise das secções da superfície de influência destas vigas, são idênticas às das vigas extremas; agora, a linha da nervura I é substituída pela da nervura II. O que se não nota é uma dife-



Desenho n.º 16 — Distribuïção das tensões normais na face lateral e fundo da nervura extrema I na secção 0.5, para a carga + 1 kg em d/2 (0.5) **(Método experimental)**

rença tão grande nas ordenadas das secções próximas da zona em estudo; assim, enquanto na secção transversal anteriormente citada uma ordenada era quádrupla da outra, aqui não chega ao dôbro. Estes resultados são também explicáveis: pode haver distribuïção em todos os sentidos enquanto nas vigas extremas a distribuïção só se poderá fazer para um lado.

c) *Superfície de influência das tensões na face inferior da secção 0.9.*

As superfícies da influência das tensões na face inferior da secção 0.9, no plano das nervuras I e II são semelhantes, junto da secção, respectivamente, às mesmas superfícies das tensões da secção 0.5.

Nota-se, contudo, uma espécie de distorção, principalmente na superfície de influência das tensões da secção 0.9-I, que dá para lugar dos pontos de tensões nulas uma linha enviezada.

d) *Linhas de influência das tensões na face inferior das carlingas a meio dos vãos extremos, sob uma viga intermédia e a meio do vão central.*

As carlingas são elementos que só por si não podem estar em equilíbrio; são as vigas que as suportam e por isso são conhecidas por *elementos flutuantes* do tabuleiro. Em primeira análise as linhas de influência não indicam a maneira como funcionam as carlingas. Só um estudo mais completo poderá dar algumas conclusões o que por agora não podemos fazer. Verificou-se, no entanto, que existe uma muito ligeira semelhança, quanto às áreas, com as linhas de influência duma viga contínua de três vãos, tendo por apoios as nervuras.

Se considerássemos as carlingas como vigas contínuas, atrás citadas, a carga móvel unitária daria os seguintes momentos flectores:

1/2 a .... $m = -0{,}200 \times 7{,}44 = -1{,}40$ kgcm
II ..... $m = 0{,}160 \times 7{,}44 = +0{,}74$ kgcm
1/2 b ... $m = -0{,}175 \times 7{,}44 = -1{,}30$ kgcm

aos quais corresponderiam as tensões:

1/2 a ..... $R_t = \dfrac{-6 \times 1{,}49}{1{,}67 \times 4{,}2^2} = 0{,}30$ kg/cm²

II ..... $R_c = \dfrac{6 \times 0{,}74}{1{,}67 \times 4{,}2^2} = 0{,}15$ kg/cm²

1/2 b ..... $R_i = \dfrac{-6 \times 1{,}30}{1{,}67 \times 4{,}2^2} = 0{,}26$ kg/cm²

Enquanto no modêlo reduzido obtivemos respectivamente $R_t = 0{,}17$, $R_c = 0{,}54$ e $R_t = 0{,}34$ kg/cm² valores que são muito diferentes.

H — *As tensões no modêlo devidas à passagem dos auto-camiões regulamentares reduzidos à escala, tendo por cargas das rodas trazeiras e dianteiras, respectivamente, 6 e 2 kg.*

Tal como fizemos para o cálculo teórico colocamos os auto-camiões sôbre as superfícies de modo a obter a máxima soma dos produtos das cargas pelas ordenadas respectivas. Nos desenhos das superfícies obtidas experimentalmente estão indicadas as posições dos combóios que produzem as máximas tracções (combóio 1) e as máximas compressões (combóio 2).

I — *As tensões na obra real obtidas a partir do modêlo reduzido.*

a) *Devidas à carga permanente.*

A soma algébrica dos produtos das cargas parciais em que dividissemos o tabuleiro pelas ordenadas correspondentes de cada uma das superfícies de influência, daria as tensões devidas a carga permanente, em cada uma das secções consideradas. Mas, porque os resultados são muito semelhantes aos obtidos pela teoria, aceitamos estes últimos como verdadeiros, afim de evitar mais cálculos.

b) *Devidas à sobrecarga rolante da faixa de rolagem, com coeficiente dinâmico.*

Como fizemos nos cálculos analíticos passamos do modêlo reduzido à obra real multiplicando os valores encontrados pela relação de semelhança para as tensões que é $\dfrac{1000}{25^2}$, ou multiplicando pelo coeficiente dinâmico:

$$\frac{1000 \times 1.3}{25^2} = 2{,}08$$

As tensões são portanto:

Secção 0.5 das vigas extremas (I), inferior:

Combóio 1 ..... $R_t = 2{,}08 \times 25{,}3 = 52{,}6$ kg/cm²
Combóio 2 ..... $R_c = 2{,}08 \times 7{,}24 = 15{,}1$ kg/cm²

Secção 0.5 das vigas intermédias (II), inferior:

Combóio 1 ..... $R_t = 2{,}08 \times 21{,}22 = 44{,}1$ kg/cm²
Combóio 2 ..... $R_c = 2{,}08 \times 6{,}48 = 13{,}5$ kg/cm²

Secção 0.9 (I):

Combóio 1 ..... $R_t = 2{,}08 \times 9{,}88 = 20{,}6$ kg/cm²
Combóio 2 ..... $R_c = 2{,}08 \times 3{,}96 = 8{,}2$ kg/cm²

Secção 0.9 (II), inferior:

Combóio 1 ..... $R_t = 2{,}08 \times 8{,}00 = 16{,}6$ kg/cm²
Combóio 2 ..... $R_c = 2{,}08 \times 3{,}74 = 7{,}8$ kg/cm²

c) *Tensões totais*

Secção 0.5 das vigas extremas (I), inferior:

Tracção máxima $R_t = 89{,}9 + 52{,}6 = 142{,}5$ kg/cm²
Tracção mínima $R_t = 89{,}9 - 15{,}1 = 74{,}8$ kg/cm²

Secção 0.5 das vigas intermédias (II), inferior:

Tracção máxima $R_t = 89{,}9 + 44{,}1 = 134{,}0$ kg/cm²
Tracção mínima $R_t = 89{,}9 - 13{,}5 = 76{,}4$ kg/cm²

Secção 0.9 (I), inferior:

Tracção máxima $R_t = 16{,}3 + 20{,}6 = 36{,}9$ kg/cm²
Tracção mínima $R_t = 16{,}3 - 8{,}2 = 8{,}1$ kg/cm²

Secção 0.9 (II), inferior:

Tracção máxima $R_t = 16{,}3 + 16{,}6 = 32{,}9$ kg/cm²
Tracção mínima $R_t = 16{,}3 = 7{,}8 = 8{,}5$ kg/cm²

J — *As armaduras de tracção da obra real obtidas a partir do modêlo reduzido.*

O modêlo reduzido permite obter a distribuïção das tensões nas secções pela auscultação da superfície periférica. Assim, por exemplo, o desenho n.º 16 dá as tensões na face lateral e fundo da viga extrema na secção 0.5 quando a carga unitária se encontra na secção 0.5 a meio do vão da laje do 1.º tramo. Mas, para simplificar, admitamos, por agora, as mesmas hipóteses que fizemos quando da determinação das armaduras a partir dos cálculos teóricos anteriores.

Obtivemos então:

Secção 0.5 das vigas extremas (I):

$$A_a = 115 \text{ cm}^2$$

Secção 0.5 das vigas intermédias (II):

$$A_a = 108 \text{ cm}^2$$

Secção 0.9 (I):

$$A_a = 31 \text{ cm}^2$$

Secção 0.9 (II):

$$A_a = 55 \text{ cm}^2$$

5 — Comparação dos resultados experimentais com os que se obtêm pela teoria corrente

A comparação das superfícies de influência teóricas com as que se obtêm experimentalmente é digna de nota pela divergência de resultados.

Assim, a comparação das superfícies de influência das tensões da secção 0.5 das vigas extremas dá o seguinte (comparar o desenho 8 com o desenho 11, feitos nas mesmas escalas): a tracção real máxima é cêrca de 2,5 vezes menor que a teórica; as ordenadas da superfície teórica decrescem muito ràpidamente, no sentido transversal, para mudarem duas vezes de sentido, enquanto que, experimentalmente, as ordenadas nesse mesmo sentido transversal são tôdas do mesmo sinal. Quere dizer, uma carga, esteja ela onde estiver em relação à viga, no sentido transversal, produz, sempre, reacção positiva sôbre a viga, mais ou menos proporcionalmente à sua distância à secção.

Segundo os cálculos teóricos é mais desfavorável, para o cálculo das vigas extremas, a existência das outras vigas à excepção da primeira mais próxima; isto é, um tabuleiro das duas vigas I e II sòmente, daria tensões menores do que o tabuleiro formado pelas 4 vigas. Na realidade, se melhor pensássemos, seríamos levados a concluir que o tabuleiro das 4 vigas teria fatalmente de ser mais resistente para a mesma carga concentrada.

Outro facto importante a assinalar é o das compressões; uma carga concentrada junto à região do apoio móvel distribui-se, quási uniformemente, por todo o tabuleiro, enquanto pela teoria, quando a carga está sôbre a viga em questão, a compressão tem um valor mais de 6 vezes superior ao real, mas diminui ràpidamente até mudar de sinal quando a carga se afasta, no sentido transversal.

Idênticas conclusões se tiram do estudo comparativo das restantes linhas.

Pela teoria, as vigas extremas são consideràvelmente menos tendidas pela passagem dos auto-camiões regulamentares, que as vigas intermédias; assim, nós encontrámos respectivamente as tensões 32,48 e 40,66 kg/cm² ou seja 20 % para menos; de verdade são as vigas extremas as mais fatigadas pois que estas trabalham a 25,30 enquanto as intermédias não atingem senão 21,22 kg/cm². Êste resultado é também explicável: se nos recordarmos que as tensões desenvolvidas podem considerar-se proporcionais às flechas respectivas, fácil é ver que os combóios junto a um bordo do tabuleiro produzirão flechas maiores nesses bordos do que na zona central do tabuleiro muito embora o combóio mude de posição; fácil é portanto concluir, mesmo sem ensaios experimentais, que a teoria corrente está, portanto, longe da realidade.

Mais ainda, as tensões reais nas vigas extremas devidas à sobrecarga rolante são, apesar-de tudo, cêrca de 20 % menores do que a teoria dá; as vigas intermédias têm uma fadiga de pouco mais de metade (de 40,66 passa para 21,22 kg/cm²).

Finalmente, as armaduras, para resistirem aos esforços totais de tracção desenvolvidos (carga permanente e sobrecarga), são também reduzidas se bem que em menor percentagem, mas ainda a ter em conta: sôbre as vigas extremas 10 % (127 cm² passa para 115 cm²) e sôbre as vigas intermédias (de 142 cm² passa para 108 cm²) 30 %.

Quanto à parte macissa do tabuleiro, que podemos considerar laje sem nervuras, não tem aqui interêsse especial; será estudado, com todo o pormenor, na terceira parte dêste trabalho.

As carlingas costumam ser calculadas como vigas contínuas de apoios de rotação livre e indeformáveis. Comparando os resultados teóricos com os obtidos experimentalmente chegamos a resultados completamente discordantes, o que era de prever, dada a falsidade da hipótese formulada nos cálculos correntes; de comum só obtivemos a ordenada máxima das linhas de influência das tensões mas que não corresponde ao mesmo ponto do tabuleiro.

6 — Conclusões

A conclusão principal que podemos tirar da 2.ª parte do presente trabalho é que têm realização, com vantagem, os tabuleiros de lajes vigadas com livre dilatação inclinada, tal como havíamos previsto.

Com efeito, obtém-se uma economia notável no custo geral da obra em relação a outros tipos de pontes correntemente adoptados, economia principalmente notada na redução da quantidade de ferro empregado; bastará dizer que uma viga «Vierendeel», para o mesmo vão prático consumiria cêrca de 40 toneladas de ferro enquanto a ponte cujo ante-projecto apresentamos gasta menos de metade desta quantidade.

Uma outra conclusão importante, mas apenas casual é que os cálculos teóricos conduzem-nos a esforços superiores aos que na realidade se produzem e, portanto, os tabuleiros, em questão, poderão ser calculados, com segurança, tal como se se tratasse de tabuleiros correntes de vigas rectas com dilatação livre e horizontal.

Se, calculando dêste modo os tabuleiros com apoios inclinados se obtém economia, nova economia se obtém pelos ensaios experimentais. Mas, como garantir a certeza dos resultados? Não estarão errados os aparelhos de que nos servimos e terá realmente o gêsso o módulo de elasticidade que lhe atribuímos? São preguntas que admitimos com tanta mais lógica quanto menos familiarizados nos encontramos com os ensaios, mas que têm desde já resposta.

Nós podemos verificar os resultados separando as nervuras e estudando-as depois como elementos isostáticos que são; eliminava-se o êrro dos aparelhos, se o tivessem, e não necessitávamos de determinar o módulo de elasticidade do material.

(Continua no próximo número)

Método de determinação do Índice de Neutralização especialmente nos óleos de côr escura

PELO ENG. QUÍMICO-INDUSTRIAL (I. S. T.) ARNALDO DE JESUS TERRÍVEL

I — Introdução

1 — Na determinação da acidez dos óleos minerais escuros o fim da reacção de neutralização é muitas vezes difícil de observar convenientemente, pois a coloração fraca ou a descoloração do meio que se deveria observar, é mascarada:

a — Pela coloração castanha mais ou menos escura que toma o dissolvente dos ácidos orgânicos livres o qual muitas das vezes funciona parte como dissolvente selectivo e parte sòmente como dissolvente total;

b — Pela côr também escura do óleo que pode interferir, ou por reflexão (quando ocupa a parte inferior do balão de ensaio), ou directamente (quando se separa dificilmente do meio de neutralização).

Tratando-se portanto de coloração complementar, é sempre difícil defini-la, pois os tons componentes não são sempre os mesmos para todos os óleos.

Além disto, pode também afirmar-se que no caso dos óleos escuros o fim da reacção é sempre confuso com qualquer dos reagentes indicadores: fenolftalaína, timolftalaína ou

Óleos	Enxôfre	Densidade a 15° C/4° C (picnómetro)	Ponto de inflamação em vaso aberto (Marcusson)	Viscosidade Engler a 50° C (Vogel-Ossag)	Índice de Neutralização DIN (DVM 3658)	Aplicações	Estado	Côres
A		0,898 ± 0,05	237 ± 3° C	4,91 ± 2 %	0,45 ± 0,05	turbinas	envelhecido	castanho
B		0,912 ± 0,05	197 ± 3° C	11,20 ± 2 %	0,44 ± 0,05	chumaceiras	novo	escuro
C		0,910 ± 0,05	196 ± 3° C	5,73 ± 2 %	0,20 ± 0,5	Motores «Diesel»	regenerado	castanho
D		0,918 ± 0,05	228 ± 3° C	9,50 ± 2 %	0,00 ± 0,05	Motores de explosão	regenerado	claro
E		0,897 ± 0,05	224 ± 3° C	8,70 ± 2 %	0,00 ± 0,05	Motores de comb. interna	novo	»
F		0,885 ± 0,05	223 ± 3° C	8,60 ± 2 %	0,05 ± 0,05	Motores de comb. interna	novo	»
G		0,887 ± 0,05	151 ± 3° C	4,06 ± 2 % (1)	0,02 ± 0,05	transformadores	usado	»
H		0,970 ± 0,05	324 ± 3° C	56,50 ± 2 %	0,12 ± 0,05	cilindros	novo	escuro
I		0,912 ± 0,05	187 ± 3° C	11,10 ± 2 %	1,00 ± 10 %	eixos	novo	»
J	0,14 (2)	0,843 (2)	–	–	0,37 ± 0,05	Petróleo brut o	–	»

(1) Esta determinação foi feita a 20° C.

(2) Os valores destas duas determinações foram fornecidos pelo Laboratório de Ensaios de Combustíveis do I. P. C.

azul alcalino 6B, quando se empregar um simples balão de «Erlenmeyer» (1).

Depois de várias tentativas dirigidas no sentido de afastar tanto quanto possível as influências indicadas, surgiu a idéia de transportar a mudança de coloração para um meio diferente do conjunto óleo-dissolvente.

2 — Os ensaios fizeram-se sôbre amostras de óleos minerais dos quais se apresentam no quadro da pág. 176 algumas das características.

II — Desenvolvimento do método

1 — Definição.

Chama-se índice de neutralização, IN, dum óleo mineral lubrificante ao número de mg de potassa (OHK) necessários para neutralizar os ácidos livres contidos em 1 g de óleo.

2 — Princípio.

O método consiste em dissolver o óleo mineral lubrificante numa solução benzeno-alcoólica-potássica titulando em seguida o excesso de potassa com ácido clorídrico em presença da fenolftalaïna.

Estabelece-se uma correcção com ensaio em branco, sendo o resultado final obtido por simples cálculo.

O ponto importante neste método reside no facto de se poder estabelecer equilíbrio perfeito entre o óleo e a solução, constituindo assim um meio homogénio (2) o que permite o contacto íntimo e perfeito entre os ácidos livres dos óleos e a potassa.

Além disto, é também de notar a maneira como se observa o fim da reacção de neutralização, porque depois de lançar o ácido titulado no sistema homogénio benzeno-álcool-potassa (em excesso) - óleo, agitando e deixando repousar durante ± 30 segundos, nota-se a formação duma camada inferior separada do conjunto óleo-dissolvente, corada de róseo ou incolor consoante a quantidade de ácido foi ou não totalmente neutralizada pelo excesso da potassa. Daqui se conclui que a solução ácida adicionada serve de solução de lavagem depois de neutralizado o ácido (3).

Assim convém que a quantidade de ácido adicionado da primeira vez seja inferior ao excesso da potassa para se poder ver a côr rósea e continuar a titulação até ao seu desaparecimento.

No caso de se deitar excesso de ácido, pode-se voltar atrás com potassa aquosa titulada.

III — Material necessário

1 — Usamos um balão de vidro estudado especialmente para facilitar a verificação do fim da reacção de neutralização num plano diferente do conjunto óleo-dissolvente.

Consiste num «Erlenmeyer» de 300 ml de capacidade cujas dimensões e forma estão indicadas nas figs. 1 e 2. Utilizamo-lo conjuntamente com o suporte indicado na fig. 3 e denomina-se: forma I. P. C. — T. 1 (4).

Fig. 1

(1) Conseguem-se melhores resultados empregando-se: o balão D. R. C. M. (Chem. Zeitg. 57, 564, 1933), o frasco Davidsohn (Fettchem. Umschau, 42, 9, 10, 1935) ou o balão de Baader (indicado no Richtlinien für Einkauf und Prüfung von Schmierstoffen, achte Auflage, DIN-D. V. M. 3658, de 1939 pág. 89).

(2) Isto não sucede nos outros métodos que levam à formação de duas camadas, uma de óleo e outra de solução.

(3) Esta solução serve muito bem para arrastar a potassa em excesso e a fenolftalaína porque, depois de neutralizado o ácido, passa a ser àquo-alcoólica.

(4) Há por vezes vantagem em empregar a forma I. P. C. — T. 2. (fig. 4)

2 — Duas galhetas de 25 ml graduadas em 1/10 ([5]), tipo «Mohr» (com faixa azul).

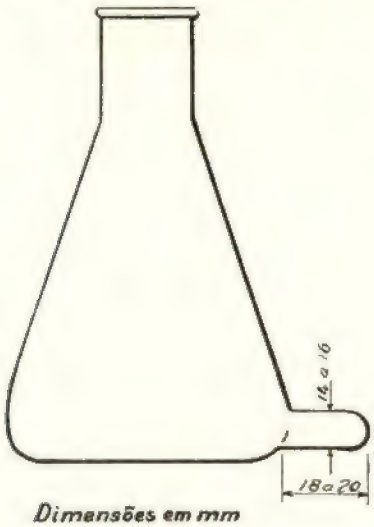


Fig. 2

3 — Dissolventes.

3 a — Benzeno puro (p. a.);
3 b — álcool neutro a 96 % ;
3 c — gasolina normal «Kahlbaum» ou éter de petróleo.

Fig. 3

4 — Solução especial — Consiste em misturar os 3 dissolventes atrás indicados na proporção ([6]) de 10 : 3 : 2, em volume.

5 — Soluções tituladas.

5 a — Potassa alcoólica (OHK) $\pm$ 0,1 N;
5 b — ácido clorídrico 0,1 N ou 0,05 N.

6 — Reagente indicador.

Solução alcoólica a 1 % de fenolftalaína ([7])

IV — Técnica

Óleos com IN $<$ 2 (caso geral dos óleos lubrificantes).

1 — Pesar até ao 0,01 g num balão I. P. C. — — T. 1 (fig. 1), 3 a 5 g de óleo mineral lubrificante de côr negra (óleo para chumaceiras ou cilindros) ou 5 a 10 g de óleo mineral lubrificante de côr clara e juntar 50 ml da solução especial ([8]); agitar até à dissolução completa do óleo e adicionar 10 ml de solução alcoólica de hidróxido de potássio ([9]) $\pm$ 0,1 N e adicionar ainda 0,5 ml de solução alcoólica a 1 % de fenolftalaína. Tornar a agitar.

2 — Preparam-se sempre para cada óleo pelo menos dois ensaios como ficou acima ex-

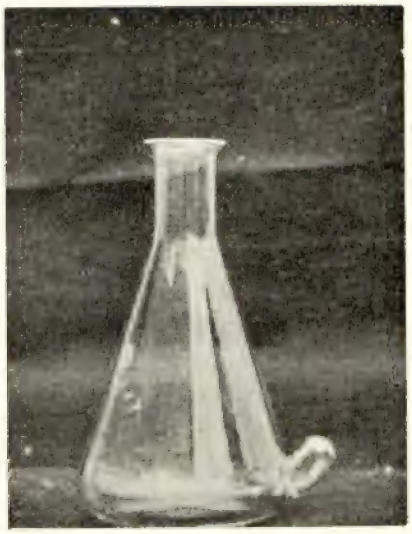


Fig. 4

([5]) É conveniente utilizar galhetas graduadas em 1/100 quando fôr IN $<$ 0,1.

([6]) Há às vezes vantagem em empregar uma mistura formada pelos 3 dissolventes já indicados na proporção de: 10 : 3 : 7, em volume.

([7]) Pode também usar-se outro reagente indicador.

([8]) Preparar de cada vez pelo menos 200 ml desta solução. Também se podem deitar sucessivamente os dissolventes nas proporções convenientes. Nos óleos claros pode dispensar-se a gasolina normal Kahlb. ou o et. petróleo, basta deitar portanto em cada ensaio 50 ml B + 15 ml A a 96 %, ou 65 ml duma solução constituída pela mistura dêstes dois dissolventes na proporção de 10 para 3.

([9]) Consegue-se deitar exactamente a mesma quantidade de reagente nos vários ensaios e no ensaio em

pôsto ([10]) e um ensaio em branco ([11]) que diferirá dêstes sòmente por não conter óleo.

3 — Procede-se depois à titulação do excesso de potassa começando pelo ensaio em branco onde se deixam cair logo de início 7 a 8 ou 10 a 12 ml de ácido clorídrico consoante êste fôr 0,1 N ou 0,05 N. Agita-se ± 30 segundos e deixa-se repousar alguns segundos ([12]). Nota-se então que a solução, que antes de se lhe juntar ácido clorídrico era corada de vermelho em tôda a massa, o passa a ser sòmente na camada inferior (àquo-alcoólica-potássica) que se examina através do tubo lateral do balão; continua-se a titulação juntando, como é óbvio, a partir dêste momento pequenas quantidades de ácido seguidas de agitação e repousos de ± 30 segundos até ao desaparecimento completo da coloração vermelha (fim da reacção).

Nêste momento lê-se o número de mililitros de ácido clorídrico titulado que se gastaram.

4 — Para a titulação das duas amostras de óleo enchem-se duas galhetas com o soluto ácido. Duma deixa-se cair para um dos balões ± 7 ml dêsse soluto, agita-se ± 30 segundos e deixa-se repousar mais ou menos o mesmo tempo tendo o cuidado de deixar nesta operação o tubo lateral livre, o que se consegue inclinando o balão de ensaio em sentido opôsto ao do tubo lateral ([13]) e utilizando o suporte (fig. 3) preparado especialmente para êste fim.

Enquanto um dos balões repousa procede-se de maneira idêntica com o outro, empregando o ácido contido na segunda galheta.

Volta-se então ao primeiro balão e inclina-se no sentido do tubo onde se observa a formação, na parte inferior, de camada corada de vermelho independente do conjunto óleo-dissolvente. Adiciona-se então, consoante a intensidade do tom vermelho ± soluto ácido, agita-se novamente ± 30 segundos e deixa-se repousar nas condições anteriores.

Toma-se então o segundo balão onde se observa o mesmo e procede-se de maneira idêntica.

Continua-se como fica exposto, ora com um ora com outro até ao momento em que se note o desaparecimento completo da coloração vermelha, o que se observa com precisão através do tubo lateral. Neste momento lê-se o número de mililitros de ácido titulado gastos em cada uma das galhetas.

Observações:

É conveniente ter sempre em atenção que para:

IN ≤ 0,1	se deve	empregar	8 a 10g	de	óleo
0,1 < IN ≤ 2	»	»	»	5 a 8	»	»
2 < IN ≤ 4	»	»	»	5	»	»
4 < IN ≤ 7	»	»	»	2 a 3	»	»

V — Cálculo do IN e representação dos resultados

Supondo que se submetem ao ensaio de neutralização como ficou expôsto, respectivamente q_1 e q_2 gramas do mesmo óleo, e sendo:

a — o número de ml de C1H α N necessários para neutralizar o excesso de OHK no ensaio em branco;

b — o número de ml de C1H α N necessários para neutralizar o excesso de OHK no ensaio onde se empregaram q_1 gramas de óleo;

c — o número de ml de C1H α N necessários para neutralizar o excesso de OHK no ensaio onde se empregou q_2 gramas do mesmo óleo.

Teremos, para cada ensaio, por definição de IN:

$$IN_{E1} = \frac{(a - b) \alpha 56}{q_1} \text{ e } IN_{E2} = \frac{(a - c) \alpha 56}{q_2}$$

---

branco, utilizando sempre a mesma pipeta, medindo rigorosamente a solução até ao traço superior deixando depois escorrê-la normalmente e no momento de sair a última gota conservando a pipeta nessa posição 60 segundos exactos.

([10]) Êste conjunto constitui, no caso dos óleos claros, uma solução homogénia corada, mas transparente, e no dos óleos negros, prêta e translúcida.

([11]) A solução benzeno-alcoólica-potássica é incolor e límpida antes de se lhe juntar a fenolftalaína.

([12]) Isto para que se dê a neutralização e o arrastamento da potassa.

([13]) Serve isto para evitar a formação duma película de óleo em volta da parede interna, o que poderia mascarar o fim da reacção.

e, para IN do óleo:

$$IN = \frac{IN_{E1} + IN_{E2}}{2} \pm K$$

ou mais simplesmente e duma maneira geral:

$$IN = IN_0 \pm K$$

onde, IN_0 é o valor médio dos IN_E aproximado até às centésimas, «valor observado», e K um têrmo de correcção correspondente à precisão do método (ver em VII — Conclusões — alínea *d*).

VI — Precisão do método (afastamento médio dos resultados)

Para verificar a precisão do método fizeram-se determinações do IN de diferentes misturas de óleos minerais e ácido oleico das quais se conhecia prèviamente o índice de neutralização.

Obtiveram-se assim dois valores para o IN de cada uma daquelas misturas,

— um calculado pela fórmula:

$$IN_c = I_a \cdot c + I_o\ (1 - c) \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

onde:

IN_c — índice de neutralização calculado;
I_a — índice de neutralização do ácido oleico empregado no ensaio;
I_o — índice de neutralização do óleo mineral;

c — concentração em ácido oleico na mistura (óleo miral + ácido oleico) a ensaiar;
(1 — c) — concentração do óleo mineral naquela mesma mistura.

— outro pela experiência, «valor observado», IN_0,

sendo a sua diferença por cento, dada pela expressão:

$$D\,\% = \frac{\text{valor calculado} - \text{valor observado}}{\text{valor observado}} \cdot 100, \ldots (2)$$

que representa a precisão do método.

Eis, alguns quadros de ensaios:

QUADRO 1

Ensaios directos sôbre os óleos A, B e C

Óleo	Gramas de óleo	ml de ClH 0,1 N			IN_E	d_{IN_E}	INm	IN_o	d_1 %	d %
		Ens. branco	Ens. c/ óleo	dif.						
A		9,55								
»	9,683	—	8,63	0,92	0,532	0,028	0,518	0,52	± 5,40	± 2,70
»	9,670	—	8,68	0,87	0,504					
B		9,64								
»	8,819	—	8,80	0,84	0,534	0,017	0,526	0,53	± 3,20	± 1,60
»	8,887	—	8,83	0,82	0,517					
C		9,50								
»	10,010	—	8,93	0,57	0,319	0,028	0,305	0,30	± 9,35	± 4,68
»	10,030	—	8,98	0,52	0,291					

Nota:

IN_E — Índice de neutralização calculado para cada ensaio tendo em atenção a definição de IN.

d_{IN_E} — Diferença entre os IN calculados para dois ensaios simultâneos dum mesmo óleo.

INm — Índice de neutralização médio (para duas observações).

IN_o — Índice de neutralização médio adoptado (aproximado às centésimas), «valor observado».

d_1 % — Diferença % entre os índices de neutralização tendo como base o desvio d_{IN_E}.

d % — Diferença % entre os índices de neutralização tendo como base o desvio entre IN_E e INm, isto é, $\frac{d_{IN_E}}{2}$ (afastamento médio %).

QUADRO 2

Ensaios directos sôbre as soluções artificiais dos óleos C e B respectivamente com 0,235 e 2,39 g. % de ácido oleico de IN = 183 (n. p.)

Óleo	Gramas de óleo	ml de ClH 0,1 N			IN_E	d_{IN_E}	INm	IN_o	d_1 %	d %
		Ens. branco	Ens. c/ óleo	Ens. dif.						
C		9,92								
»	9,599	—	8,52	1,40	0,817	0,01	0,812	0,81	± 1,23	± 0,67
»	9,732	—	8,52	1,40	0,808					
B		19,40								
»	9,800	—	10,70	8,70	4,970	0,15	4,895	4,90	± 3,06	± 1,63
»	10,163	—	10,65	8,75	4,820					

QUADRO 3

Ensaios directos sôbre os óleos D, E, F, G e H

Óleo	Gramas de óleo	ml de ClH 0,1 N			IN_E	d_{IN_E}	INm	IN_o
		Ens. branco	Ens. c/ óleo	dif.				
D		9,30						
»	10,020	—	9,12	0,18	0,1000	0,0440	0,0780	0,08
»	10,000	—	9,20	0,10	0,0560			
E		9,42						
»	10,020	—	9,40	0,02	0,0112	0,0112	0,0150	0,02
»	10,000	—	9,38	0,04	0,0224			
F		9,42						
»	8,000	—	9,28	0,14	0,0980	0,0130	0,9150	0,09
»	8,000	—	9,30	0,12	0,0850			
G		9,30						
»	10,000	—	9,18	0,12	0,0670	0,0110	0,0615	0,06
»	10,000	—	9,20	0,10	0,0560			
H (1)	3,000	17,60	17,50	0,10	0,0935	0,0252	0,0809	0,08
»	5,000	17,67	17,55	0,12	0,0683			

(1) O ácido utilizado neste ensaio era 0,05 N.

QUADRO 4

Diferenças % entre os valores IN_c dos óleos A, B e C adicionados de ácido oleico de IN = 183 nas proporções indicadas na coluna c e IN_o, calculadas segundo a fórmula (2)

Óleo	c gramas	$c \cdot I_a$	$(1 - c)$	$(1 - c) \cdot I_o$	IN_c	IN_o	$IN_c - IN_o$	D %
A	—	—	1,00000	0,520	0,520	0,520	—	—
	0,00247	0,452	0,99753	0,518	0,970	1,030 (1)	— 0,060	— 5,82
	0,01240	2,270	0,98760	0,514	2,784	2,800 (1)	— 0,016	— 0,57
	0,01399	2,560	0,98601	0,513	3,073	2,850 (1)	+ 0,223	+ 7,84
	0,01878	3,434	0,98122	0,510	3,944	4,050 (1)	+ 0,106	+ 2,62
B	—	—	1,00000	0,530	0,530	0,530	—	—
	0,01315	2,407	0,98685	0,523	2,930	2,820 (1)	+ 0,110	+ 3,90
	0,02635	4,820	0,97365	0,516	5,336	5,130 (1)	+ 0,206	+ 4,02
C	—	—	1,00000	0,300	0,300	0,300	—	—
	0,01162	2,128	0,98838	0,297	2,425	2,640 (1)	— 0,215	— 8,10

(1) Estes valores não são a média de dois ensaios mas sim os indicados só por um dêles.

QUADRO 5

Semelhante ao Quadro 4, mas onde os valores de IN_o são a média de dois ensaios indicados no Quadro 2 das soluções artificiais dos óleos C e B

Óleo	c gramas	$c \cdot I_a$	$(1-c)$	$(1-c) \cdot I_o$	IN_c	IN_o	$IN_c - IN_o$	D %
C	0,00235	0,430	0,99765	0,408	0,838	0,810	+ 0,028	+ 3,46
B	0,02390	4,370	0,97610	0,570	4,940	4,900	+ 0,040	+ 0,82

QUADRO 6

Relação entre os valores de IN determinados pelo método normalizado na Alemanha (1) DIN-DVN 3658 (método A) e os que se obtêm pelo método expôsto em V-Técnica (método T)

Óleo	IN	
	Método A	Método T
A	0,45 ± 0,05	0,53 ± 10 %
B	0,44 ± 0,05	0,52 ± 10 %
C	0,20 ± 0,05	0,30 ± 0,05
D	0,00 ± 0,05	0,08 ± 0,05
E	0,00 ± 0,05	0,02 ± 0,05
F	0,05 ± 0,05	0,09 ± 0,05
G	0,02 ± 0,05	0,06 ± 0,05
H	0,12 ± 0,05	0,09 ± 0,05
I	1,00 ± 10 %	0,84 ± 10 %
J	0,37 ± 0,05	0,21 ± 0,05

(1) Segundo «Richtlinien fur Einkauf und Prufung von Schmiermstoffen». Achte Auflage, 1939, pág. 89.

VII — Conclusões

a) Dos quadros 1 e 2, conclui-se que o afastamento entre duas determinações simultâneas dum mesmo óleo não excede 5 %;

b) Os quadros 4 e 5 mostram que as diferenças entre os valores calculados e observados não excedem também 5 %;

c) O quadro 3 mostra que o novo método pode empregar-se mesmo quando fôr $IN < 0,1$ e que a diferença entre duas determinações não excede 0,05;

d) Em resumo, pode definir-se o valor de IN obtido pelo médo proposto pela expressão geral:

$$IN = IN_0 \pm K$$

onde, é:

$$K = \begin{cases} 0,05 \text{ para } IN_0 \leqslant 0,5 \\ 10\,\% \text{ para } 0,5 < IN_0 \leqslant 1 \\ 5\,\% \text{ para } \quad 1 < IN_0 \end{cases}$$

Observações:

1) Como se sabe, encontram-se por vezes óleos em que IN_0 é negativo, o que quere dizer que o óleo a ensaiar é alcalino.

2) O método tem a vantagem de permitir apreciar nìtidamente o fim da reação mesmo com óleos escuros. O ensaio da acidez não pode porém ser aproveitado para a determinação do índice de saponificação, o que não chega a ser um inconveniente. A mesma técnica se pode empregar, de resto, para essa determinação.

VIII — Literatura

1 — Kohlenwasserstofföle und Fette — Dr. D. Holde. Siebente Auflage, 1933, pág. 109 a 111.

2 — Richtlinien für Einkauf und Prüfung von Schmierstoffen. Achte Auflage, 1939, pág. 89 (DIN-D. V. M. 3658).

3 — A. S. T. M. Standards on petroleum products and Lubricants. September, 1940, pág. 192.

4 — Essais physiques et chimiques effectués sur les produits pétrolifères. Pechelbronn S. A. E. M. et J. Ferrand, 1937, pág. 283 a 297.

EFEITO ÚTIL DO TRATAMENTO MECÂNICO

POR CARLOS GONSALVES
(Do curso de Engenharia de Minas)

I — Introdução

A *Preparação Mecânica de Minerais* tem por fim separar o minério útil da sua ganga pelo emprêgo de um conjunto de operações de carácter exclusivamente físico efectuadas sôbre o minério tal qual se arranca na Mina. Em certas explorações, quando a qualidade do jazigo o permitir, podem existir uma ou duas escolhas manuais prévias, a primeira escolha manual ou «sheidage» antes do tratamento «sensum strictum» na Lavaria, a segunda escolha manual ou «klaubage», imediatamente após a quebragem. Muitas vezes, devido à maneira como o minério útil se encontra disseminado na sua ganga não convém nem mesmo é possível esta escolha prévia, a primeira operação de concentração realiza-se apenas ao iniciar-se o tratamento hidrogravítico ou qualquer outro tratamento mecânico.

O minério tal qual vem da Mina constitue uma mistura mineral de ganga e minério útil que dá origem depois de tratada na Oficina de Preparação Mecânica de Minerais ou Lavaria a dois produtos, o *concentrado*, rico de minério útil, e o *estéril*, pobre de minério útil, em seguida abandonado nas entulheiras. Seria ideal abandonar um estéril apenas constituído por ganga e apurar um concentrado que a não possuísse. O concentrado é tanto mais valioso quanto menor fôr a quantidade de impurezas nêle disseminadas, portanto, interessa obtê-lo o mais puro possível, a-pesar das suas impurezas serem depois fàcilmente eliminadas nas operações metalúrgicas subseqüentes. Mas todos os progressos realizados e a realizar nos métodos de tratamento mecânico de minerais tendem, em primeiro lugar, a empobrecer o estéril de minério útil.

Os estéreis são abandonados nas *entulheiras* e podem vir a ser de novo tratados ou porque se descubra posteriormente um novo elemento susceptível de pagar êsse tratamento, ou porque em épocas futuras da Mina o seu teor em minério útil permita uma nova extracção com métodos de concentração já mais aperfeiçoados. Conhecem-se exemplos de qualquer dêstes casos. Mas, regra geral, os estéreis constituem grandes volumes de terras inúteis, por vezes empregadas no entulho de espaços vazios resultantes do arranque, e o minério aproveitável nêles disseminado representa um valor perdido para a exploração.

A distinção entre *ganga* e *minério útil* provém das necessidades do comércio ou da indústria metalúrgica que a Engenharia de Minas se

Fig. 1 — Uma oficina de preparação mecânica

empenha em servir, isto é, utiliza apenas o critério do valor monetário das espécies mineralógicas constituintes do tal qual, suficientemente concentradas, as quais, devido à criação, intensificação ou abandono de processos indus-

triais, podem transitar de um para outro grupo. «O minério útil paga a exploração».

Sempre que se projecte ou examine uma Oficina de Preparação Mecânica urge construir o seu *Diagrama Geral* onde se devem indicar todos os tratamentos sofridos pelo minério tal qual desde o arranque na Mina até a obtenção do concentrado. Todavia, é sempre difícil estudar sob o ponto de vista geral uma Oficina de Preparação Mecânica da qual não existe um diagrama de funcionamento universal porquanto as Lavarias existentes diferem tôdas umas das outras em virtude da sua extrutura provir da categoria morfológica e genética dos jazigos explorados. Não há uma Lavaria ideal, há muitas Lavarias ideais, uma para cada espécie de jazigo. De uma maneira pouco precisa, para fugir à necessidade de estabelecer um Diagrama Geral, podemos dizer que na Lavaria se *prepara* o minério para as operações da concentração, por meio da quebragem, trituração e pulverização, e se *concentra,* pelo tratamento com as jigas ou assentadeiras, mesas de lavagem ou escolhedoras, flutuação, etc. A ligar estas duas séries distintas de operações empregam-se sistemas seleccionadores onde se classifica a mistura mineral, na calibragem, desenlameação, classificação hidráulica, decantação, etc. É também usual o emprêgo de certos processos de tratamento como a separação electromagnética, ustulação, êste último já um processo químico que no entanto faz ainda parte da Preparação Mecânica de Minerais. Uma Lavaria não contém, em geral, todos estes processos de tratamento mas apenas os mais adequados à categoria do jazigo explorado.

Antes de se iniciarem as operações de concentração desenlameia-se muitas vezes a mistura mineral pois as lamas [1] iriam prejudicar a eficácia da calibragem e o funcionamento das máquinas concentradoras. As lamas separadas da mistura mineral podem arrastar consigo uma percentagem considerável de minério útil e a sua extracção da corrente de água transportadora é quási sempre uma operação difícil tanto mais importante quanto maior fôr a quantidade de minério útil arrastado. A simples decantação nos tanques é insuficiente por ser morosa e incompleta, por isso se empregam vantajosamente os espessadores ou decantadores, os quais, além de uma melhor extracção das lamas permitem ainda uma recuperação mais rápida e perfeita da água.

Em última análise, numa Lavaria efectua-se uma *preparação* do minério tal qual vem da Mina, precedente do tratamento metalúrgico no caso dos minérios metalíferos [1] que visa a reduzir a massa da mistura mineral sem perder o minério útil nela existente, e a separar as substâncias minerais do valor industrial. Esta preparação dos minerais será tanto mais perfeita quanto maior fôr a percentagem de ganga extraída, isto é, quanto maior fôr a pureza do concentrado obtido e quanto menor fôr a percentagem de minério arrastado por essa ganga.

Designamos por *efeito útil* do tratamento mecânico a percentagem de minério útil extraído do existente no minério tal qual vem da Mina. O efeito útil m é, portanto, a relação referida a 100 entre o pêso do minério útil existente no concentrado apurado pela Lavaria e o pêso de minério útil existente no minério bruto. É um índice de confiança sôbre o trabalho efectuado na Lavaria mas incompleto visto que nada nos diz àcêrca da regularidade do seu funcionamento, do emprêgo mais conveniente das máquinas, da pureza do concentrado obtido, etc. Se o valor m fôr muito baixo, ou existem defeitos a remediar na Lavaria ou esta recebe uma quantidade de mistura mineral a tratar superior à sua capacidade. Se o valor de m fôr aceitável ou mesmo alto, os modos de tratamento escolhidos são ajustáveis e bem

[1] As *lamas* constituem o material mais fino de calibre compreendido entre 0 e um limite superior convencional, sujeito a variações. No I. S. T. designa-se por lamas a mistura de fragmentos de calibres compreendidos entre 0 e 0,2 mm. Nós chamamos lamas à porção mais fina da mistura mineral que os desenlameadores deixam arrastar pela água; desta forma, o seu calibre depende da natureza do minério, do sistema desenlameador, da pureza da água empregada. Esta designação tem o conveniente de ser de fácil aplicação prática pois se refere a um produto bem evidenciado no circuito da Lavaria.

[1] Pode o tratamento metalúrgico não ser precedido por qualquer preparação mecânica. Temos um exemplo no minério de ferro ordinário, transportado directamente do arranque na mina para o alto-forno.

calculados mas pode suceder, por exemplo, que a Lavaria trate uma quantidade de minério muito inferior à sua capacidade, que o concentrado obtido seja muito impuro, que uma melhor organização do trabalho conduza a um melhor rendimento em quantidade, etc.

O efeito útil, tal como o definimos, refere-se apenas e parcialmente à qualidade do tratamento, todavia, a quantidade de minério tratado ou tonelagem da alimentação é também de considerar, influi eficazmente na economia da exploração.

II—Regularidade do funcionamento da Lavaria

O valor de *m* é indiscutivelmente importante e permite-nos ajuizar da eficácia do conjunto das máquinas empregadas mas para se ter uma ideia mais perfeita do trabalho da Lavaria é útil considerá-lo sob outros aspectos.

Consideremos uma Lavaria qualquer e suponhamos, por um momento, que ela trabalha continuamente. Suponhamos ainda que temos processo de medir a quantidade de minério tratado em cada unidade de tempo *h*, quantidade expressa em toneladas por unidade de tempo, t/h.

A quantidade de minério tratada em cada unidade de tempo é uma função dêsse mesmo tempo se concedermos a esta variável o seu significado físico mais amplo. Consideremos

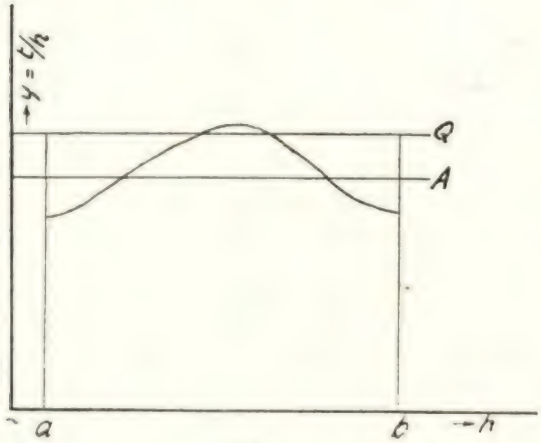


Fig. 2

um sistema de eixos castesianos no plano, marquemos o tempo em abcissas e na ordenada correspondente a cada unidade de tempo marquemos a *carga* da Lavaria, quere dizer, a quantidade de minério tal qual tratado durante essa unidade de tempo. Obtemos uma série de pontos que determinam uma curva, indicadora das oscilações da tonelagem tratada. No caso de haver interrupções temporais no funcionamento da Lavaria, como sucede freqüentemente, podemos abstraír delas e marcar em abcissas apenas os tempos durante os quais a Lavaria funciona. Consideremos o intervalo de tempo $ab = \Delta h$ (fig. 2) durante o qual a curva representativa do funcionamento da Lavaria, apenas no que se refere à quantidade de minério tratado, varia segundo o ramo compreendido entre $f(a)$ e $f(b)$. A área compreendida entre a curva e o eixo das abcissas é o $\int f(h)\, dh$ e em virtude de uma propriedade elementar dos integrais definidos

$$\int_a^b f(h) \,.\, dh = \Delta h \,.\, f(h_1) = \Delta h \,.\, A$$

sendo h_1 um ponto situado no interior do intervalo (a, b). Êste valor $f(h_1)$ é o valor médio da função f (h) durante o intervalo de tempo considerado, é a *alimentação* ou tonelagem média tratada pela Lavaria durante o período considerado. Tracemos a horizontal *A* correspondente à alimentação durante êste período, a curva obtida elucida-nos sôbre os altos e baixos em relação ao valor médio. Tracemos ainda a horizontal *Q* correspondente à quantidade de minério que a Lavaria deve tratar durante a unidade de tempo, para trabalhar em condições óptimas, isto e, correspondente à *capacidade* da Lavaria.

A forma de energia mais vulgarmente utilizada na Oficina de Preparação Mecânica é a energia eléctrica. Quando a curva da variação da carga desce abaixo da horizontal da capacidade, os motores trabalham com mau factor de potência (regra geral trata-se de corrente alternada) tanto pior quanto maior fôr a distância entre êsse ponto da curva e a horizontal *Q*.

Se o valor da carga ultrapassar o valor da capacidade realiza-se necessàriamente um mau trabalho de concentração e podem danificar-se as máquinas empregadas. Quando se empregarem formas de energia diferentes da eléctrica convém ainda trabalhar com uma carga tanto quanto possível vizinha da capacidade.

Para uma tonelagem diária conveniente e um conjunto apropriado de sistemas seleccionadores, o efeito útil *m* depende da composição granulimétrica da mistura mineral e da afinação das máquinas concentradoras. O valor de *A* depende principalmente da organização do trabalho dentro da Lavaria e da regularidade da alimentação de minério bruto.

III — Efeito útil

Efeito útil de uma Lavaria, como já dissemos, é a relação entre a quantidade de minério útil existente no tal qual e à quantidade de minério útil existente no concentrado. Na Oficina de Preparação Mecânica pretende-se obter finalmente um concentrado o mais possível isento de ganga e abandonar um estéril o mais pobre possível de metal — o efeito útil refere-se apenas a êste último objectivo. Também poderíamos encarar o funcionamento da Lavaria sob o ponto de vista da pureza do concentrado e da tonelagem média tratada. Se considerarmos a Lavaria como um sistema complexo cujos elementos são as diferentes máquinas ou baterias empregadas, o efeito útil é o rendimento complexivo dêsse sistema no que se refere ao metal extraído do minério tal qual.

Representaremos sempre por letras maiúsculas as quantidades em pêso de mistura mineral e por letras minúsculas o seu teor em minério útil: *A, B, C,* representam, respectivamente, as tonelagens da alimentação de minério tal qual, de estéril e de concentrado, *a, b, c,* representam as percentagens de minério útil nas quantidades de minério respectivas.

O efeito útil da Lavaria será

$$m = \frac{\Sigma_i C_i c_i}{A a} 100\,\% \quad . \; . \; . \; . \quad (1)$$
$$i = 1, 2, \ldots k$$

sendo *k* o número de máquinas, ou de baterias, concentradoras existentes para separar o minério útil da sua ganga. Se o jazigo fornecer mais do que um minério útil obteremos um número de valores de *m* igual ao número de minérios úteis e igual ao número de dosagens efectuadas sôbre cada amostra.

Consideremos esta expressão escrita sob a forma mais simples

$$m = \frac{C c}{A a} 100\,\%$$

onde

$$C c = \Sigma_i C_i c_i$$

Vamos dar-lhe um outro aspecto que generaliza o seu emprêgo. Se fizermos

$$B b = \Sigma_j B_j b_j \qquad j = 1, 2, \ldots l$$

sendo *l* o número de estéreis parciais, é evidente a igualdade

$$A a - C c = (A - C) b$$

ou

$$A (a - b) = C (c - b)$$

Multipliquemos ambos os termos de expressão (1) simplificada por cada um dos membros desta igualdade. Obtemos

$$m = \frac{c (a - b)}{a (c - b)} 100\,\% \; . \; . \; . \; . \quad (1')$$

expressão equivalente à anterior onde não entram pesos mas apenas as percentagens de minério útil no minério tal qual, concentrado e estéril.

Na fórmula (1) entram pesos que é necessário determinar com um rigor limitado na prática, na fórmula (2) entram apenas os números fornecidos pelas análises químicas cuja precisão é maior. A fórmula (2) deve, portanto, preferir-se à fórmula (1), segundo parece. Todavia, se as dosagens químicas possuem um grande rigor, as amostras sôbre as quais elas se efectuam correspondem muito provàvelmente ao valor do teor médio da mistura mineral (como mostraremos no parágrafo seguinte) mas não há possibilidade de determinarmos a amplitude do êrro cometido. A fórmula (2) emprega-se fàcilmente apenas nos casos muito restritos de um sistema concentrador com uma alimentação, um concentrado e um estéril.

A precisão de *m* depende, é claro, do rigor das medidas das quantidades de minério e das suas percentagens de minério útil. Êste rigor aumenta com o número de dias de amostragem: em virtude de todos os números se referirem geralmente ao dia de trabalho efectuam-se médias aritméticas diminuindo-se assim a ampli-

tude dos erros prováveis. Se o êrro cometido for inferior a 2 % — resultado fácil de obter — a precisão de *m* é suficiente para os fins industriais.

Juntamente com a expressão do efeito útil deve empregar-se a *razão de concentração* r.

$$r = \frac{A}{C} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

donde se deduz, de modo semelhante ao empregado acima, a expressão equivalente

$$r = \frac{c - b}{a - b} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2')$$

IV — Amostragem

Na amostragem procura-se obter uma pequena fracção ou *amostra* representativa de um todo cuja riqueza se pretende determinar.

Os resultados que desejamos conhecer obtêm-se em função das percentagens fornecidas pelas dosagens químicas das amostras colhidas, portanto, a recolha de amostras, sua quantidade e freqüência, constitui a base do nosso ensaio e requere todo o cuidado a-fim-de chegarmos a conclusões correspondentes à realidade. Em primeiro lugar, em face do Diagrama Geral da Lavaria, escolhem-se definitivamente os locais onde serão colhidas as amostras e o tempo de duração da amostragem. Em seguida, nos pontos da Lavaria escolhidos para êsse fim, assenta-se a melhor maneira e método de amostragem. Finalmente, a partir das amostras volumosas obtidas, urge retirar pequenas amostras de volume conveniente para a análise química.

Tanto na recolha de amostras como na redução sucessiva do seu volume inicial estamos sujeitos a praticar inúmeros erros impossíveis de evitar ou de controlar. Todavia, em primeiro lugar, estes erros possuem dois sentidos — para mais ou para menos — ambos de igual probabilidade, portanto, há uma certa probabilidade, de se verificar a sua compensação; em segundo lugar, se aumentarmos a freqüência das amostragens e a duração dos períodos durante os quais elas se realizam, obtendo-se por média aritmética os valores referentes à unidade de tempo (em geral, o dia de trabalho) se diminuirmos o calibre da amostra de cada vez que pretendermos diminuir o seu volume e esta diminuïção fôr racionalmente executada, é evidente que devemos aumentar extraordinàriamente a probabilidade da compensação dos erros e diminuir a amplitude do êrro resultante. Chegamos desta forma a uma pequena amostra sôbre a qual se efectua uma dosagem química, é lícito tomar o resultado desta dosagem como valor médio do teor de minério útil da mistura mineral. Quere dizer, na determinação do rigor dos resultados considera-se o valor numérico da dosagem como correspondente ao teor da mistura mineral respectiva, isto é, despreza-se o êrro que se possa ter cometido na amostragem.

O tamanho inicial da amostra depende da quantidade de minério necessária para a análise química, da precisão em vista e das condições em que se apresenta o minério útil — livre ou mais ou menos aglutinado.

Quando o minério se apresentar relativamente sêco, é fácil calcular *A*, ou em função do pêso específico médio prèviamente determinado e do número de vagonetas ou em função do pêso de minério transportado por cada vagoneta. Se o minério vier muito húmido é conveniente fazer a correcção respectiva. A precisão necessária nesta medição depende do teor de minério útil no tal qual — pode ser suficiente não ultrapassar 0,5 a 1 %.

A riqueza do minério tal qual, do concentrado e dos estéreis obtém-se pela análise química das amostras. São especialmente importantes as amostragens do minério tal qual e dos concentrados, esta última sem qualquer dificuldade, onde se devem prescrever todos os cuidados acima indicados.

A amostragem do minério tal qual não deve fazer-se directamente no arranque mas, por exemplo, depois de efectuada a operação da quebragem, quando o minério se encontrar fragmentado e misturado. Devem colher-se amostras amiúdadas vezes e durante alguns dias: o teor da amostra será umas vezes inferior ao teor médio do tal qual e outras superior. Os dois erros, de sinais contrários, são igualmente possíveis e podemos, portanto, tomar a amostra colhida como correspondendo realmente à massa mineral cuja riqueza se quere determinar, como procurámos mostrar acima.

Em última análise, pela amostragem nós procuramos reduzir as condições práticas de funcionamento de uma Lavaria de qualquer tonelagem aos limites apertados do laboratório, empregando-se para o conseguir miniaturas dos aparelhos industriais tais como quebradores, trituradores, pulverizadores, sistemas de concentração e de calibragem, etc., isto é, para melhorar o rendimento de uma Oficina de Preparação Mecânica de Minerais é necessário que esta seja servida por um Laboratório de Preparação Mecânica.

Os pesos de concentrado obtêm-se por pesagem directa sem qualquer dificuldade e com a precisão desejada. Os pesos de estéreis, cuja medição directa seria difícil, e às vezes impossível, podem, em geral, calcular-se em função de dados fornecidos pelas análises químicas, da maneira indicada no parágrafo seguinte. Quando não forem suficientes os valores numéricos destas dosagens podemos recorrer ou à medição mais fácil de alguns estéreis ou a um ensaio apropriado de crivagem graduada.

Para termos uma ideia mais perfeita do funcionamento da Lavaria, além do efeito útil geral, interessa saber qual a tonelagem da mistura mineral distribuida a cada uma das máquinas ou baterias e as perdas a que estas dão origem.

Os estéreis são, em geral, arrastados por uma forte corrente de água o que torna a sua medição directa muito difícil excepto no caso das lamas em suspensão na água onde pode ser fácil determinar o caudal e a concentração das lamas.

Para obter os pesos de minério pode-se (1) pesar o minério das vagonetas (2) pesar o concentrado e multiplicar êste pelo razão de concentração (3) utilizar o pêso específico (4) efectuar pesagens em pontos convenientes lançando-se mão de aparelhos especiais como, por exemplo, o «Merrick Weightometer» usado pelos americanos no caso das correias transportadoras.

V — Distribuïção do minério na Lavaria

De uma maneira muito generalizada e resumida podemos considerar o funcionamento de uma Lavaria do seguinte modo: a alimentação A de minério tal qual dá origem, em virtude da máquina ou bateria de máquinas concentradoras i a um concentrado C_i e a um estéril B_i; o concentrado segue para o comércio e o estéril para as entulheiras. Êste esbôço é sempre complicado pelo facto de alguns mixtos não se encontrarem em circuito fechado e pelo facto de alguns estéreis serem tratados por outras máquinas antes de finalmente serem abandonados nas entulheiras. Qualquer destas alternativas não vem complicar o raciocínio que faremos em seguida como é fácil de ver. O producto inicial A obtém-se por último no estado de concentrado C que se destina ao comércio, e no estado de estéril B abandonado nas entulheiras. A e C determinam-se como vimos, B por diferença dêstes dois.

Podemos estabelecer o seguinte sistema de equações lineares, não homogéneas, forçosamente compatíveis, cujas incógnitas são $B_1, B_2 \ldots B_n$, as tonelagens de estéril a determinar:

$$\begin{cases} B = B_1 + B_2 + \ldots + B_n \\ Bb_j = B_1\, b_{1j} + \ldots + B_n\, b_{nj} \end{cases} \quad . \; . \quad (3)$$

$$(j = 1, 2, \ldots l)$$

sendo l o número de dosagens de cada amostra, n o número de máquinas ou baterias de máquinas concentradoras.

Estas equações devem ser estabelecidas com todo o cuidado em virtude do caminho seguido pelos concentrados e estéreis no Diagrama Geral da Lavaria a estudar não ser na maioria dos casos tão simples como esboçámos acima. Na prática, o número de minérios úteis é sempre pequeno. Suponhamos o caso dos jazigos de estanho e volfrâmio; com os resultados das medições de A e de C e das dosagens químicas, podemos determinar três incógnitas e, em geral, não nos interessam mais do que três estéreis. Se o número de incógnitas for maior, pode fectuar-se uma crivagem graduada e utilizar os resultados obtidos.

Podemos efectuar a crivagem graduada mesmo que ela não seja necessária para o cálculo dos estéreis. Calculadas as alimentações parciais $A_1, A_2, \ldots$, por adição dos estéreis aos concentrados respectivos podemos determinar rigorosamente o efeito útil dos crivos.

VI — Distribuïção das perdas

Determinado e efeito útil geral da Lavaria conhecemos o rendimento complexivo de tôdas as máquinas concentradoras no que se refere à recuperação do minério útil do tal qual. Do minério útil existente na mistura mineral da alimentação perdem-se (100 — m) % cuja distribuïção pelos diferentes estéreis interessa conhecer.

Para cada uma das máquinas concentradoras ou baterias de máquinas idênticas podemos determinar efeitos úteis parciais $m_1, m_2, \ldots$ dados pelas fórmulas

$$m_i = \frac{C_i c_i}{C_i c_i + B_i b_i} 100\ \% \quad . \ . \ . \quad (4)$$

Uma máquina concentradora mal afinada mas tratando uma tonelagem diminuta de mistura mineral dá origem a uma pequena perda de minério útil, ao passo que uma máquina bem afinada, isto é, de bom efeito útil, se tratar uma grande tonelagem pode dar origem a uma perda considerável.

Vamos referir o valor das perdas ao minério útil total que existe no minério bruto da alimentação, sob a forma de percentagem. Representemos por p_i a perda devida à máquina l_i, etc. Teremos

$$p_i = \frac{B_i\ b_i}{A\ a} 100\ \% \quad . \ . \ . \ . \quad (5)$$

e é evidente que

$$P = \sum_{i=1}^{k} p_i = \frac{\sum_{i=1}^{k} B_i\ b_i}{A\ a} 100 = (100 - m) \ldots . \quad (6)$$

sendo k o número de máquinas ou baterias de máquinas concentradoras empregadas no enriquecimento da mistura mineral. Neste número k estão incluídas certas máquinas, como por exemplo, os desenlameadores, que podem dar origem a perdas nas lamas sem própriamente concentrarem a mistura mineral.

Podemos agora construir um gráfico (fig. 3) que nos elucida sôbre a maneira como está funcionando a Lavaria e sôbre os progressos realizados de período de amostragem para período de amostragem, separados entre si pelo espaço durante o qual se podem ter realizado modificações.

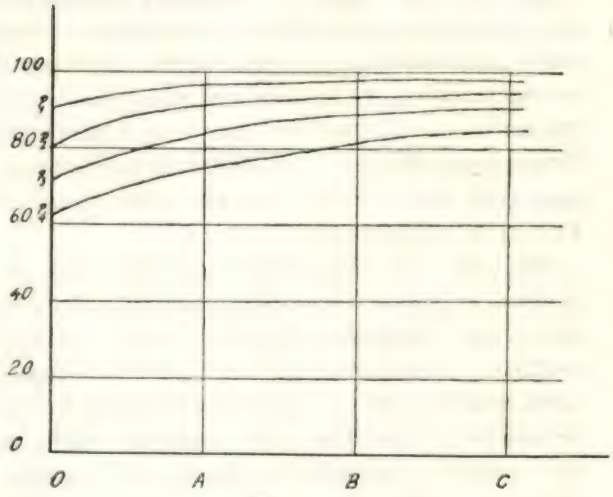


Fig. 3

Num sistema cartesiano plano marcamos em abcissas os sucessivos períodos de ensaio de amostragem, numa escala qualquer, respectivamente, OA, AB, etc. No eixo das ordenadas tomamos um segmento também qualquer com origem na origem dos eixos e dividimo-lo em 100 partes iguais a partir desta origem. Traçamos a linha correspondente a 100.

A partir do zero, marcamos o valor do efeito útil no sentido positivo. A partir da linha dos 100, na mesma escala mas em sentido negativo, marcamos os valores das sucessivas perdas correspondentes. Em virtude da igualdade apontada, todo o espaço de o a 100 deve ficar preenchido. P e m são duas grandezas essencialmente positivas, de soma constante, mas na representação gráfica adoptada variam em sentidos contrários.

Êste gráfico dá-nos o valor do efeito útil da Lavaria e o valor real das perdas. Depois de um certo número de ensaios, podemos traçar uma curva que indica as variações do grau de afinação da Lavaria, juntamente com outras indicadoras da variação das percentagens das perdas. Se no mesmo gráfico e a côr diferente marcarmos ainda as tonelagens da alimentação e dos concentrados, êste diagrama sintetisa o funcionamento do conjunto das máquinas empregadas.

VII — Conclusões

Resumindo, sempre que se pretender estudar o funcionamento de uma Lavaria sob o aspecto focado no nosso artigo, deve em primeiro lugar estabelecer-se o seu diagrama geral com todo o rigor, o qual deve registar o funcionamento da Lavaria de uma maneira clara, completa e, ao mesmo tempo, concisa. Escolhem-se os locais de recolha de amostras, determina-se a maneira mais cómoda e o melhor método de as realizar. O período de amostragem deve durar vários dias mas pode não convir ou não ser necessário côlher tôdas as amostras durante todos êsses dias. As análises químicas e a crivagem graduada, se fôr necessária, além de outras possíveis medições, fornecem números que permitem calcular o efeito útil geral da Oficina de Preparação Mecânica, os efeitos úteis parciais das diferentes máquinas concentradoras e as perdas relativas a cada uma. Determina-se desta forma a quantidade de minério que se perde e os locais onde se perde. Procuram-se as causas responsáveis por estas perdas. Estudam-se as modificações a fazer para as reduzir e determina-se o efeito útil provável da Lavaria depois de modificada.

Indicar-se-á a precisão, entre limites industriais, de todos os resultados numéricos.

Devem também considerar-se as irregularidades de funcionamento da Lavaria, determinar as suas causas e procurar evitá-las.

Determinada a distribuïção da mistura mineral pelas diferentes máquinas concentradoras e sistemas seleccionadores, verifica-se se estas cargas estão de acôrdo com as capacidades dos aparelhos respectivos.

Era nosso intuito apresentar em seguida o resumo de um ensaio dêste género no qual colaborámos mas não o fazemos em virtude da emprêsa respectiva desejar que não se divulguem os resultados obtidos.

A CAPA — BARRAGEM DO CASTÊLO

Esta barragem está localizada no rio Caima, afluente do Vouga, no lugar do Castêlo, a cêrca de 2 km de Macieira de Cambra, e tem por fim alimentar os canais, já construídos, de rega de 181 hectares dos Campos de Burgães, para o que armazena 330.000 m³ de água. É construída de alvenaria, que ocupa um volume total de 10.000 m³, e tem os paramentos de cantaria. A altura acima do leito do rio é de 20 m, e a altura máxima, incluindo fundações, é de 29 m.

O coroamento da barragem, que funciona como descarregador, tem o desenvolvimento de 60 m, e sôbre êle corre um passadiço para serviço.

DO MUNDO TÉCNICO

Estado actual das investigações acêrca da constituïção de clinker de Cimento Portland

Pelo Dr. KURT SEIDEL

Num extenso artigo publicado na revista «Zement», pelo Dr. Kurt Seidel, chega-se às conclusões que, pelo seu interêsse, reproduzimos a seguir:

1.º — Os principais elementos integrante do clinker de cimento Portland, quere dizer a Alita, a Belita e a Celita, são formados principalmente por silicato tricálcico, silicato dicálcico e alumino ferrito tetracálcico, respectivamente. Nenhum dêstes compostos minerais corresponde, desde logo, aos compostos puros mencionados, encontrando-se, sim, segundo o conteúdo do clinker de cimento Portland, em elementos secundários, associados a maiores ou menores quantidades de outros óxidos, em solução sólida ou formando cristais mixtos.

2.º — Os aluminatos, a saber o aluminato tricálcico e o trialuminato pentacálcico podem encontrar-se também no clinker do cimento Portland; ainda que raras vezes suceda assim, encontram-se na massa fundida e podem formar cristais mixtos com Celita.

3.º — O processo de cristalização do clinker de cimento Portland não é nem completo nem tão incompleto que se possa dizer que tôda a massa líquida existente durante a clinkerização se solidifica sob a forma vítrea. Vem encontrar-se num estado intermédio entre ambos os extremos, num estado que pode denominar-se de «equilíbrio congelado».

4.º — Um método de cálculo para a determinação da composição mineralógica do clinker de cimento Portland só poderá dar valores aproximados, e isto por diferentes razões. O método óptico oferece vantagens para o contrôle dos elementos integrantes, havendo que dar preferência a tal método.

5.º — Os métodos para a determinação da fracção vítrea do clinker de cimento Portland não foram contudo aperfeiçoados até agora. Indubitàvelmente, o método baseado na determinação dos calores de dissolução é, até agora, o que mais garantias de precisão oferece.

6.º — Segundo a forma de arrefecimento do clinker e a quantidade de magnésia que nêle exista, esta pode achar-se sob a forma de silicato tricálcico e de alumino-ferrito-tetracálcico, ou encontrar-se livre no clinker sob a forma de periclase.

7.º — Acêrca do efeito dos alcalis não pode dizer-se nada definitivo. Ùnicamente, pode comprovar-se, até agora com certa probabilidade, a existência no clinker de cimento Portland do composto $8CaO.\ Na_2O.\ 3Al_2O_3$.

8.º — Os mineralizadores aceleram a formação do clinker de cimento Portland pela formação de eutécticos de baixo ponto de fusão, quere dizer, actuando como fundentes. Na prática é freqüente tropeçar com dificuldades no seu emprêgo, que perturbam a boa marcha do forno e dão origem a fenómenos de desagregação do clincker.

(Da revista *Cemento*)

Normas para o afiamento das ferramentas de corte em metal duro

As ferramentas em metal duro (comercialmente conhecido pelos nomes de Widia, Adamas, Titanit, Poldi-Diadur, Sild, Phoenixit, Carboloy, Stelram, Miramant, Boehlerit, etc.) são afiadas em quási tôda a parte segundo critérios empíricos e muitas vezes errados.

Em «L'Organizzazione Scientifica del Lavoro», Nino Barberis apresenta as condições mais importantes dum afiamento racional destas ferramentas. Indica assim as seguintes regras:

1) Não utilizar o cortante da ferramenta até gastá-lo completamente. Um afiamento efectuado na altura conveniente economiza metal duro e mó, enquanto que um cortante gasto dá um rendimento muito baixo.

2) Empregar mós de carboneto de silício especial com aglomerante cerâmico e não mós de esmeril, areia ou corundum.

3) A dureza da mó não deve ser exagerada a ponto de queimar o ferro.

4) Subdividir a operação de afiamento em duas fases: desbaste e acabamento. Com uma única operação consumir-se-á inùtilmente a mó e não se obterão cortantes perfeitos.

5) Desbastar o cortante com mós de grão 46 + 60 até dar-lhe um fio grosso mas sem irregularidades.

6) O acabamento do cortante deve ser efectuado com mós mais finas (grão 100 + 120) e menos duras que as empregadas no desbaste.

7) As mós são accionadas com uma velocidade periférica de cêrca de 25 m/seg.

8) Efectuar o afiamento sempre contra o fio do cortante.

9) Durante o afiamento deve cair um jacto de água sôbre a área de contacto entre a ferramenta e a mó. A água deve ser abundante mas sem pressão.

10) Se se afia a sêco interromper de quando em quando o afiamento para não queimar o ferro.

11) O cortante quando muito quente não deve ser introduzido em água fria; pode-se arrefecer a ferramenta introduzindo na água apenas a parte oposta ao cortante.

12) Durante o afiamento a pressão da ferramenta contra a mó deve ser muito ligeira.

13) A parte de aço da ferramenta deve ser trabalhada com uma mó de óxido de alumínio e não com a mesma mó que serve para o afiamento da parte em metal duro.

14) Quando houver muitas ferramentas de corte a afiar deve-se examinar a oportunidade de instalar uma máquina de afiar as ferramentas de metal duro.

15) Adoptar de preferência mós que trabalhem frontalmente; quando o não fôr possível, mós de grande diâmetro e de grande espessura especialmente se é grande a secção da ferramenta. As mós de disco de pequeno diâmetro dão um ângulo de saída anterior muito grande enfraquecendo a ferramenta.

16) As mós devem estar perfeitamente montadas, bem centradas e sem jôgo no seu eixo. As máquinas devem estar isentas de vibrações.

17) As ferramentas de precisão são afiadas em máquinas automáticas à velocidade periférica de 4 + 10 m/seg.

18) Os operários afiadores devem poder medir e controlar adequadamente os ângulos da ferramenta.

19) Todo o operário que trabalha com ferramentas de metal duro deve ter à sua disposição uma lima de carboneto de silício especial para poder afiar, em momento oportuno, sem desmontar da máquina, a ferramenta.

20) Impedir os operários de afiar as ferramentas de acôrdo com as suas preferências. Os afiamentos devem ser efectuados por um só indivíduo ou, tratando-se de uma grande indústria, por uma única secção de modo que tôdas as ferramentas de corte em serviço tenham a forma apropriada ao trabalho que devem fazer.

21) Quando se deseja um bom acabamento da peça a trabalhar ou uma maior duração do fio da ferramenta deve submeter-se o cortante a um ulterior acabamento.

22) Um bom acabamento obtém-se com mós em carboneto de silício especial de grão mais fino que 200 trabalhando à velocidade de 25 m/seg.

23) Um acabamento perfeito só se obtém com mós diamantadas de aglomerante metálico. Estes são accionados a 39 + 40 m/seg.

24) Óptimos resultados no ulterior acabamento dão também a limalha de diamante ou de carboneto de boro sôbre disco de ferro ou de cobre.

25) Se durante êste acabamento se emprega um jacto de líquido refrigerante, êste deve ser filtrado para que os detritos mais grossos contidos em suspensão no fluído não possam produzir sulcos na ferramenta.

(De *L'Organizzazione Scientifica del Lavoro*)

A produção de cimento nos Estados Unidos da América em 1941

A produção no ano de 1941 nos Estados Unidos da América foi aumentada em virtude das necessidades da guerra que se preparava, sendo destinada a obras de defesa e à ajuda dos seus aliados.

As estatísticas relativas ao cimento Portland que publica o «Bureau of Mines, U. S. Department of the Interior», confirmam plenamente o avanço dado em Janeiro de 1942.

A produção de cimento Portland foi de 164.030.559 barris equivalentes a 27.885.195 toneladas, e os embarques foram de 167.439.237 barris, que equivalem a 28.464.670 toneladas. Os aumentos em relação ao ano anterior equivalem a 20 e 28 % respectivamente.

O preço na fábrica, a granel, foi de 1.47$ por barril, com um aumento de 1 centésimo em relação ao ano anterior.

A existência nas fábricas em 31 de Dezembro era de 19.955.979 barris, ou sejam 3.392.516 toneladas, 15 % inferior à da mesma data do ano anterior.

82,4 % da produção foi expedida por caminho de ferro, 14.8 % por camião; 2.7 % por barco e 0,1 % por tubagem (pipeline). 31 % do cimento expedido foi-o a granel, superior ao ano anterior, 39,6 % em sacos de papel e 29.4 % em sacos de juta e menos de 0.05 % noutros envólucros.

A produção de clinker foi de 163.629.000 barris, ou seja de 27.816.930 toneladas, e o consumo de combustível foi: carvão 6.831.825 toneladas (short tons), equivalentes a 6.187.831 tons. métricas; «fuel-oil» 3.552.030 barris, igual a 671.343.670 litros; e gás natural 54.207.900.833 pés cúbicos, equivalentes a 1.534.083.593 metros cúbicos.

O consumo de energia elétrica totalizou 3.644.456.171 kWh, do qual 52.8 % foi adquirido a companhias estranhas e 47.2 % gerada nas próprias fábricas de cimento.

A capacidade comercial de produção de cimento nas 155 fábricas em funcionamento em 1941 (e uma inactiva) era de 247.359.000 barris, quere dizer, de 42.051.030 toneladas.

Não se criaram novas fábricas.

A produção representou 66,3 % da capacidade citada contra 51.2 % no ano de 1940.

(Da revista *Cemento*)

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

Estudo dos macissos terrosos e dos seus suportes

Pelo Eng.º F. SARMENTO CORREIA DE ARAÚJO

317 págs. — Preço 100$00 — Livraria Lopes da Silva

Êste livro, que segundo julgamos, será recebido com geral aplauso pelos futuros engenheiros portugueses e mesmo pelos já diplomados, deveria marcar o início de uma nova fase das Obras de Engenharia, escritas em português, que infelizmente são tão diminutas.

Com efeito, um dos maiores obstáculos em se conseguirem originais para as nossas publicações técnicas reside no desejo, aliás muito louvável, mas nem sempre ao alcance de todos, de criar «obra nova», isto é, de apresentar estudos inéditos ou métodos de cálculo pessoais, o que devemos confessar é extremamente agradável ao nosso orgulho patriótico, mas pela sua dificuldade é apenas possível a uma pequeníssima minoria dos que podem ou devem apresentar trabalhos neste campo.

É êste desejo, aliado à errada impressão de que escrever sôbre assuntos já tratados em livros e revistas (nacionais ou estrangeiros), pode ser considerado como indício de menor competência — admitindo, evidentemente, que os assuntos são expostos com competência — que devemos a situação da nossa «literatura técnica» que também luta, como é óbvio, com as dificuldades de expansão no reduzido meio do que dispomos.

O autor do livro de que nos ocupamos nesta nota, desprezando estes preconceitos e não temendo a escassez do meio, apresenta-nos uma obra que tem utilidade manifesta e que, pela sua cuidada apresentação, pode comparar-se às boas edições estrangeiras, o que, evidentemente, também honra a casa editora.

Nos primeiros cinco capítulos, o Autor, passa em revista as principais teorias referentes ao equilíbrio dos macissos terrosos, ocupando-se dos diferentes métodos de determinação da impulsão. O Capítulo VI trata dos tipos de muro de suporte e das suas condições de aplicação, apresentando diferentes métodos de cálculo que são acompanhados por exemplos.

No Capítulo VII é focado particularmente o problema das fundações, sendo expostas algumas teorias sôbre a determinação das cargas de ruptura dos terrenos, e as expressões mais aconselháveis para o cálculo dos diferentes tipos de fundação. O Capítulo VIII ocupa-se especialmente do caso particular das pressões nas paredes dos silos. Em anexo, no fim do volume, é publicado um grande número de ábacos e tabelas, referentes às teorias expostas, que constituem um formulário extremamente útil.

A exposição, em tôda a obra, é muito clara e bem ordenada e a bibliografia apresentada mostra bem o cuidado com que o autor se documentou ao fazer as lições, que, coligidas, constituem o presente volume, que, segundo êle próprio declara no prefácio, constitue um livro de curso em que «o seu autor pouco mais se considera de que o intermediário entre aqueles cujas obras estudou conscienciosamente e aqueles que, por dever de ofício, procura conscienciosamente orientar».

Agradecendo a amável oferta do exemplar que lhe foi enviado a «Técnica» felicita o autor pelo seu trabalho que deveria constituir um exemplo a seguir «pelos que, por dever de ofício, procuram conscienciosamente orientar».

B. F.

Exercícios de Matemática

Por ENRIQUE PESSOA LOBATO CORTESÃO

Preço 30$00

Êste livro vem facilitar de algum modo a preparação dos candidatos ao exame de admissão ao Instituto Superior Técnico, que muitas vezes se viam na situação embaraçosa de não poderem orientar por si próprios o seu estudo.

A «Técnica» tem procurado obviar a êste inconveniente pela publicação dos pontos saídos em vários exames de admissão, mas o presente livro com 400 exercícios variados de Matemática, uns propostos, outros completamente resolvidos, facilita ainda mais a preparação conveniente para o exame de admissão ao I. S. T.

PUBLICAÇÕES RECEBIDAS

Não periódicas

Estatística das Instalações Eléctricas em Portugal — 1941.

Relatórios dos anos de 1939 a 1941 — Serviço de Fomento Mineiro — Ministério da Economia.

Carmona (Estudo Biográfico) por Leopoldo Nunes — Oferta do S. P. N.

Estudos Italianos em Portugal — 7-8 — 1943.

O Descobrimento do Brasil — Manuel Múrias.

Directivas para o ensino da Educação Física — O. N. Mocidade Portuguesa.

Publicações periódicas

ALEMANHA

DEUTSCHE TECHNIK — Jan. e Fev. de 1943.

EL PROGRESSO DE LA ENGENIERIA — Setembro e Novembro de 1942.

ARGENTINA

CIÊNCIA Y TÉCNICA — Outubro de 1942.

LA INGENIERIA — Março, Maio e Junho de 1942.

INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES — Agôsto de 1942.

TÉCNOQUIMICA — Abril, Maio, Junho e Julho de 1942.

ESPANHA

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS — Dezembro de 1942 e Janeiro de 1943.

CHILE

REVISTA DE CAMINOS — Janeiro, Fevereiro, Março, Junho, Julho, Novembro e Dezembro de 1942.

FRANÇA

TRAVAUX — Maio, Junho, Julho, Agôsto, Outubro, Novembro e Dezembro de 1942.

LA CHRONIQUE DES MINES COLONIALES — Dezembro de 1942 e Janeiro de 1943.

MECANIQUE — Julho, Agôsto e Dezembro de 1942.

ELECTRICITÉ — Maio, Junho, Agôsto, e Novembro Dezembro de 1942.

URBANISME — Junho de 1943.

HUNGRIA

TECHNIKA — Janeiro de 1943.

ITÁLIA

RIVISTA DEL CATASTO E DEI SERVIZI TECNICI ERARIALI — Setembro-Outubro de 1942.

L'ORGANIZAZIONE SCIENTIFICA DEL LAVORO — Janeiro de 1942.

SUÍÇA

BULLETIN OERLIKON — Maio, Junho, Julho e Agôsto de 1942.

REVUE SULZER — N.º 3 — 1942.

PORTUGAL

ARQUITECTURA PORTUGUESA E CERÂMICA E EDIFICAÇÃO — Dezembro de 1942.

ANAIS DO CLUB MILITAR NAVAL — Setembro e Outubro de 1942.

BOLETIM DA SOCIEDADE DE GEOGRAFIA — Novembro e Dezembro de 1942.

CLÍNICA HIGIÉNE E HIDROLOGIA — Dez.º de 1942.

ESTUDOS — Fasc. I — 1943.

GAZETA DE MATEMÁTICA — N.º 13.

GAZETA DOS CAMINHOS DE FERRO — N.ºs 1323 e 1324.

GIL VICENTE — Novembro e Dezembro de 1942.

BOLETIM DA JUNTA NACIONAL DE CORTIÇA — Dezembro de 1942 e Janeiro de 1943.

INDÚSTRIA PORTUGUESA — Janeiro de 1943.

O INSTITUTO — Vol. 92.º — 1942.

PORTUCALE — Novembro-Dezembro de 1942.

REVISTA AGRONÓMICA — N.º 2 — 1942.

REVISTA DA FACULDADE DE ENGENHARIA — Dezembro de 1942.

REVISTA DE ARTILHARIA — Novembro e Dezembro de 1942.

SEARA NOVA — N.ºs 806 a 810.

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA, DOS ALUNOS DO I. S. T.

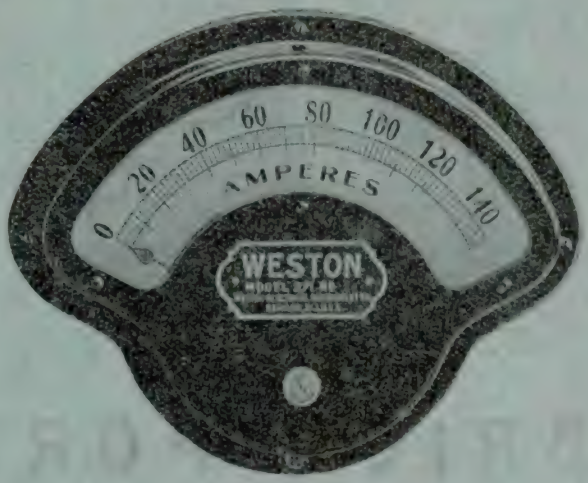
DIRECTOR: LUIZ DE ALMEIDA ALVES

ADMINISTRADOR: JOSÉ DE LUCENA

BIBLIOTECÁRIO: FAUSTO GONÇALVES HENRIQUES

CORPO REDACTORIAL: FERNANDO MOITINHO DE ALMEIDA, HENRIQUE DIAS BARRACAS, JOSÉ CARLOS PINHEIRO DA SILVA, MANUEL DOS SANTOS RÉZIO

Propriedade e Edição da A. E. I. S. T.

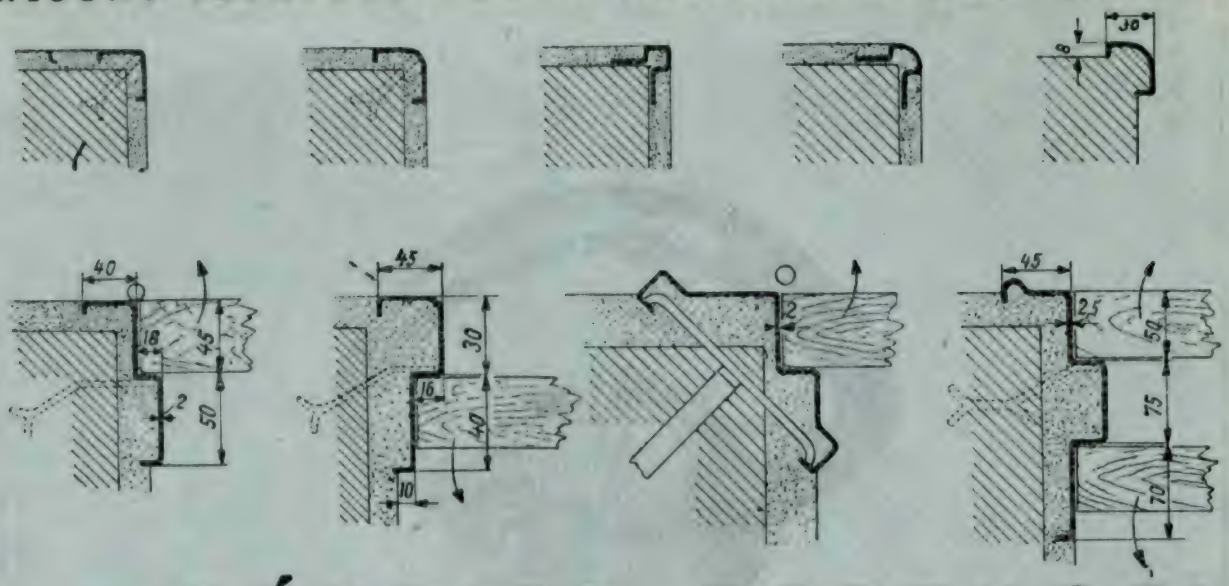


Standard Electrica

RUA AUGUSTA 27
LISBOA

TELEFONES
23111 23112 23113

ALGUNS EXEMPLOS DOS PERFIS QUE SE PODEM REALIZAR



LISBOA **FÁBRICA PORTUGAL**

FABRICAÇÃO DE PERFIS DE CHAPA PARA TODOS OS GENEROS DE TRABALHO DE CONSTRUÇÃO CIVIL

UMA REVOLUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Sondages. Etanchements. Consolidations "Procédés Ródio"

Sondagens geológicas

Estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geofísico

Consolidação e impermeabilização de terrenos e alvenarias por meio de injecções de cimento, produtos químicos, emulsão betuminosa Shellperm, etc.

Estacas de beton armado, sistema **Ródio** sem fazer trepidar o solo

Rebocos comprimidos por «cement gun»

Fundações em terrenos difíceis por congelação artificial, ou baixando o nível da água friática.

Sociedade Anónima com séde em PARIS

As melhores referências no paiz e no estrangeiro

Engenheiro delegado para Portugal

Walter Weyermann

P. do Município, 32-2.°--LISBOA Tel. 2 8685

EMULSÕES

de asfalto para estradas

Todos os tipos e percentagens

TELEFONE 20879
Telegramas: Epalda—LISBOA

FÁBRICA EM SACAVÉM

Publicações da «Técnica»

O cálculo de Betão Armado aplicado aos edifícios — Eng. J. DE CANG — Preço 95$00

Normas e Regulamentos para Instalações Eléctricas — Preço 16$00

Ábacos para o Cálculo de Betão Armado — Eng. VASCO COSTA — Preço 3$00

Cálculo dos Colectores de esgoto de secção ovoide — Eng. José Gomes Alvarez — Preço 6$00

Pontos Modelos de exames de aptidão ao I. S. T. — Preço 9$00

Regulamento de Pontes Metálicas — Preço 6$00

Desconto de 10 % aos nossos assinantes
A' venda na redacção da TECNICA

OFICINAS E LABORATÓRIOS

DO

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

EMPRÊSA DE SONDAGENS E FUNDAÇÕES, L.DA

DIRECTOR

Eng. Ricardo E. Teixeira Duarte

(Um quarto de século de especialização técnica)

Sondagens geológicas

Poços artezianos

Rebaixamentos do nível freático

Consolidações do solo

Impermeabilização de rochas

Captações de água subterrânea

Fundações de todos os géneros

Alicerces económicos

Estacas de todos os tipos

Consolidação de más fundações

Obras hidráulicas

Obras subterrâneas

LISBOA — RUA AUGUSTA, 280, 3.°

TELEFONE 2 3962

SOCIEDADE ANÓNIMA

BROWN, BOVERI & CIE.

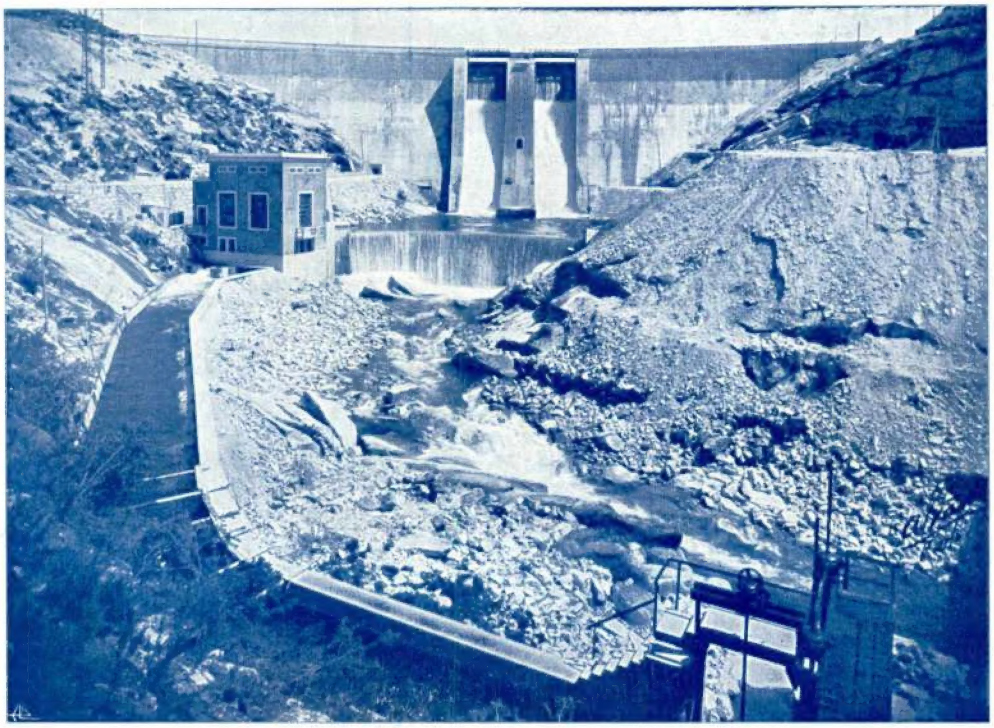
BADEN (SUISSA)

Representante geral para Portugal e Colónias:

EDOUARD DALPHIN

Escritório Técnico: Rua de Passos Manuel, 191, 2.º // PORTO // Tel. 2411

Máquinas eléctricas, transformadores, mutadores, aparelhos para alta e baixa tensão. Montagem completa de centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas e de caminho de ferro. Locomotivas, e auto-motoras eléctricas e Diessel-eléctricas. Máquinas de extracção. Turbinas a vapor. Geradores de vapor Velox. Máquinas frigoríficas. Grupos e transformadores para a soldadura pelo arco. Fornos eléctricos. Comandos eléctricos especiais para tôdas as máquinas utilizadas nas Fábricas de Fiação, Tecelagem, Acabamentos, Estamparia, Cimento, Moagem, etc.



Barragem do Ermal, da Companhia Electro-Hidráulica de Portugal, com 20 milhões de metros cúbicos de capacidade da albufeira. Na parte central, duas comportas automáticas, da casa construtora «Ateliers des Charmilles», de 9 × 5 metros, para a evacuação das cheias. Em baixo, a central automática de Guilhofrei (I) com uma turbina vertical tipo Kaplan (Ateliers des Charmilles) de 2750 cavalos e o canal de condução da água à central do Ermal (central II) com uma turbina vertical tipo Francis de 6250 cavalos (Ateliers des Charmilles) e duas horizontais (Escher-Wyss) de 500 e 1500 cavalos. Tôda a parte eléctrica (alternadores, transformadores, aparelhos de 2000 e 30000 Volts) da casa BROWN, BOVERI & Cie.